

**MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA DE  
BARNICES EN LA EMPRESA TINTAS S.A SUNCHEMICAL**

**JUAN PABLO BEDOYA GUTIÉRREZ**

**JUAN CAMILO CIFUENTES BERMÚDEZ**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN**

**ESCUELA DE INGENIERÍA**

**UNIVERSIDAD EAFIT**

**MEDELLÍN**

**2011**

**MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA DE  
BARNICES EN LA EMPRESA TINTAS S.A SUNCHEMICAL**

**JUAN PABLO BEDOYA GUTIÉRREZ**

**JUAN CAMILO CIFUENTES BERMÚDEZ**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO DE  
PRODUCCIÓN**

**ASESOR: INGENIERO RUBÉN ROJAS**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN**

**ESCUELA DE INGENIERÍA**

**UNIVERSIDAD EAFIT**

**MEDELLÍN**

**2011**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Medellín, abril de 2011

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer a:

Dr. IVÁN PALACIO por poner a nuestra disposición las instalaciones y los recursos de la empresa TINTAS S.A SUNCHEMICAL.

Ingeniero. RUBÉN ROJAS. Por su orientación como asesor de este proyecto.

Ingeniero. JUAN JOSÉ BERMÚDEZ. Por la confianza y acompañamiento en el proceso de realización de este proyecto.

Todos los empleados de la empresa TINTAS S.A SUNCHEMICAL, especialmente al Sr. RAÚL RAMÍREZ, operario de planta, por su tiempo y disposición.

Ingeniero. JUAN GREGORIO ARRIETA. Por su buena voluntad en el proceso de ejecución del proyecto de grado.

A todas las personas que de una u otra manera nos brindaron apoyo, en especial a nuestras familias.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>GLOSARIO.....</b>	<b>15</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>16</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>1 OBJETIVOS .....</b>	<b>19</b>
1.1. OBJETIVO GENERAL .....	19
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
<b>2 ALCANCE .....</b>	<b>20</b>
<b>3 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....</b>	<b>21</b>
<b>4 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO .....</b>	<b>22</b>
4.1. DEFINICIÓN DE TINTA .....	22
4.2. COMPOSICIÓN DE LAS TINTAS .....	22
4.3. ELABORACIÓN BARNICES BASE ACEITE .....	23
4.4. COMPONENTES DEL BARNIZ .....	25
<b>5 MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>27</b>
5.1. DIAGRAMAS DE PARETO .....	27
5.2. MEDICIÓN DEL TRABAJO .....	27
5.2.1. Estudio de tiempos.....	28
5.2.2. Muestreo de trabajo .....	29
5.3. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA .....	29
5.4. INDICADORES DE GESTIÓN .....	30
<b>6 ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>32</b>
6.1. PROYECTOS SIMILARES.....	32

6.2.	ACTUALIDAD DE LA INDUSTRIA QUÍMICA .....	33
<b>7</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE FACTORES CRÍTICOS .....</b>	<b>36</b>
7.1.	ANÁLISIS CAUSA EFECTO .....	36
7.2.	DIAGRAMA CAUSA - EFECTO.....	37
<b>8</b>	<b>SITUACIÓN ENCONTRADA.....</b>	<b>41</b>
8.1.	CARTAS DE PROCESO .....	41
8.2.	HOMOGENIZACIÓN DE LA RESINA SÓLIDA .....	44
8.3.	PESAJE.....	47
8.4.	INCREMENTO EN LA DEMANDA .....	49
8.5.	DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.....	53
8.5.1.	Descripción de la distribución encontrada.....	53
8.5.2.	Problemas de la distribución encontrada .....	56
<b>9</b>	<b>MEDICIÓN DE INDICADORES EN LA SITUACIÓN ENCONTRADA.....</b>	<b>57</b>
<b>10</b>	<b>MEJORAS IMPLEMENTADAS.....</b>	<b>60</b>
10.1.	HOMOGENIZACIÓN DE LA RESINA SÓLIDA .....	60
10.1.1.	Ensayo 1 .....	62
10.1.2.	Ensayo 2 .....	64
10.1.3.	Ensayo 3 .....	66
10.2.	ANÁLISIS DE RESISTENCIAS .....	69
10.2.1.	Ensayo 4 .....	69
10.3.	PROCEDIMIENTO IMPLEMENTADO .....	73
10.3.1.	Ensayo 5.....	73
10.3.2.	Ensayo 6 .....	75
10.4.	PESAJE.....	77
10.4.1.	Celdas de carga.....	77
10.4.2.	Indicador de peso .....	78

10.4.3. Caja de juntas .....	79
10.4.4. Kit de herrajes .....	79
10.5. REACTOR .....	82
10.6. REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA.....	85
10.6.1. Descripción de la distribución de planta implementada .....	85
10.6.2. Análisis de la distribución de planta implementada .....	88
10.6.3. Requerimientos de la nueva distribución de planta. ....	89
<b>11 RESULTADOS .....</b>	<b>90</b>
11.1. PROCESO DE HOMOGENIZACIÓN DE LA RESINA .....	91
11.2. PESAJE.....	92
11.3. REACTOR .....	92
11.4. REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA.....	93
11.5. RESULTADO GENERAL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BARNICES	94
<b>12 INDICADORES DE GESTIÓN .....</b>	<b>99</b>
<b>13 CONCLUSIONES .....</b>	<b>102</b>
<b>14 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>104</b>
<b>15 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>109</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Carta de control de procesos barniz ref. 969445 .....	42
Tabla 2. Carta de control de procesos barniz ref. 969446 .....	42
Tabla 3. Carta de control de procesos barniz ref. 969932 .....	43
Tabla 4. Carta de control de procesos barniz ref. 969272 .....	43
Tabla 5. Toma de tiempo de proceso encontrado .....	45
Tabla 6. Medición subproceso de pesaje encontrado .....	48
Tabla 7. Análisis de tiempos y recorridos encontrados.....	55
Tabla 8. Calidad planta de barnices Junio 2010 .....	59
Tabla 9. Resumen de ensayo 1 .....	64
Tabla 10. Resumen de ensayo 2.....	66
Tabla 11. Resumen de ensayo 3.....	68
Tabla 12. Resumen de ensayo 4.....	71
Tabla 13. Tabla resumen variación de temperatura.....	72
Tabla 14. Resumen de ensayo 5.....	74
Tabla 15. Resumen de ensayo 6.....	76
Tabla 16. Resumen compras para control de subproceso de pesaje .....	81
Tabla 17. Medición subproceso de pesaje implementando celdas de carga .....	82
Tabla 18. Análisis de tiempos y recorridos de la redistribución de planta .....	87



Tabla 19. Proceso de fabricación final.....	91
Tabla 20. Resumen nuevo subproceso de pesaje.....	92
Tabla 21. Capacidad de producción nuevo reactor .....	93
Tabla 22. Resultados de la redistribución de planta.....	94
Tabla 23. Nueva carta de control de procesos barniz ref. 969445 .....	95
Tabla 24. Nueva carta de control de procesos barniz ref. 969446 .....	96
Tabla 25. Nueva carta de control de procesos barniz ref. 969932 .....	97
Tabla 26. Nueva carta de control de procesos barniz ref. 969272 .....	98
Tabla 27. Calidad planta barnices marzo 2011 .....	100

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Porcentaje acumulado producción barnices julio 2009 - junio 2010 .	36
Gráfica 2. Pareto del diagrama causa-efecto .....	39
Gráfica 3. Producción total de barnices julio 2009 - junio 2010.....	49
Gráfica 4. Producción barniz ref. 969932 julio 2009 – junio 2010.....	50
Gráfica 5. Producción barniz ref. 969445 junio 2009 - julio 2010.....	50
Gráfica 6. Producción barniz ref. 969272 julio 2009 - junio 2010.....	51
Gráfica 7. Producción barniz ref. 969446 julio 2009 - julio 2010 .....	51
Gráfica 8. Temperatura vs tiempo ensayo 1 .....	63
Gráfica 9. Temperatura vs tiempo ensayo 2.....	65
Gráfica 10. Temperatura vs tiempo ensayo 3.....	67
Gráfica 11. Temperatura vs tiempo ensayo 4 (resistencias 150°C) .....	70
Gráfica 12. Temperatura vs tiempo ensayo 5.....	73
Gráfica 13. Temperatura vs tiempo ensayo 6.....	75
Gráfica 14. Producción barnices enero 2011 - marzo 2011 .....	99

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diagrama de proceso para la producción de barnices .....	24
Ilustración 2. Espina de pescado - análisis causa efecto .....	38
Ilustración 3. Distribución encontrada planta de barnices TINTAS S.A .....	53
Ilustración 4. Celdas de carga .....	78
Ilustración 5. Indicadores de peso .....	78
Ilustración 6. Caja de juntas .....	79
Ilustración 7. Kit de herrajes .....	80
Ilustración 8. Redistribución planta de barnices .....	85

## LISTA DE FOTOS

Foto 1. Tolva implementada para la dosificación de resina sólida.....61

Foto 2. Nuevo reactor a instalar.....83

## LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Indicador de productividad planta barnices TINTAS S.A.....57

Ecuación 2. Indicador de calidad planta barnices TINTAS S.A.....57

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Porcentaje relativo y acumulado del diagrama causa efecto .....	109
Anexo B. Datos obtenidos ensayo 1 .....	110
Anexo C. Datos obtenidos ensayo 2.....	111
Anexo D. Datos obtenidos ensayo 3.....	112
Anexo E. Datos obtenidos ensayo 4 .....	113
Anexo F. Datos obtenidos ensayo 5 .....	114
Anexo G. Datos obtenidos ensayo 6.....	115
Anexo H. Plano del nuevo reactor .....	116

## GLOSARIO

**BARNIZ:** es el componente fluido de la tinta que a su vez está compuesto por la resina y un solvente o diluyente.

**CELDA DE CARGA:** dispositivo que consiste de una pieza de metal a la que se adhieren galgas extensométricas, éstas cambian su resistencia eléctrica al traccionarse o comprimirse cuando se deforma la pieza metálica que soporta el peso del objeto. Por lo tanto miden peso.

**MOLIENDA:** solución obtenida en la que se logra homogeneidad entre los materiales mezclados (sólidos y líquidos) de manera que al tomar una muestra de esta solución, en forma aleatoria, contenga todos los componentes en la misma proporción que la mezcla total.

**REACTOR:** tanque en el que se lleva a cabo la fabricación del barniz. Este es sometido a altas temperaturas y al efecto del rotamix; Contiene una franja de aceite térmico que permite mantener el calor. Durante su tiempo de operación no entra ni sale ningún flujo de materia del reactor y por lo tanto, la masa total de la mezcla de reacción se mantiene constante.

**ROTAMIX:** eje rotatorio central ubicado dentro del reactor que permite la homogenización de la resina sólida, gracias al movimiento radial que genera (1800 rpm).

**TOLVA:** dispositivo en forma de cono invertido y abierto por debajo, dentro del que se almacenan los granos de resina sólida para que caigan, poco a poco, en el reactor.

**VEHÍCULO:** solución formada por las materias primas líquidas en las que se lleva a cabo la reacción química para producir el barniz.

## RESUMEN

En la actualidad, la creciente competencia en el mercado y la obligación de satisfacer la demanda interna de barniz, ha hecho necesario mejorar el proceso de producción de éste subproducto en la empresa Tintas S.A. Sunchemical y de esta forma aprovechar de mejor manera los recursos existentes y responder a tiempo con la entrega de este producto intermedio usado en la fabricación de tintas.

Con este proyecto se pretende implementar acciones que permitan mejorar el proceso de producción de la planta de barnices en la empresa Tintas S.A. Sunchemical, partiendo de un diagnóstico realizado al proceso productivo existente, en el cual se identificaron los factores críticos más relevantes en la producción de los 4 principales barnices, que representan el 80% de la producción. Este diagnóstico fue realizado basándose en la información recopilada con los empleados de la planta, la posterior elaboración de un diagrama causa-efecto y la ponderación porcentual de cada uno de los problemas, lo que llevó a seleccionar, con un diagrama de Pareto, los 5 factores críticos que más retardan el proceso productivo. Una vez analizados, medidos y cuantificados dichos factores, se procede a implementar acciones orientadas a solucionarlos. El impacto generado por las acciones implementadas se puede verificar gracias al análisis de los resultados obtenidos y al uso de indicadores de gestión, que al final del proyecto permiten evidenciar la mejoría en el proceso de producción de barnices.

Palabras claves: barniz, reactor, solución, homogenización, medición del trabajo, pareto, análisis de proceso.



## INTRODUCCIÓN

Tintas S.A SunChemical es una empresa creada en 1970 perteneciente al grupo Mundial IMSA, su razón social es producir tintas y servicios para artes gráficas. Está localizada en la ciudad de Medellín. Allí se encuentra su sede administrativa, la planta de producción de corrugados (tintas para empaque base agua) y la planta de publicaciones (tintas base aceite).

A finales del año 2009, y después de un análisis exhaustivo, directivos de la empresa Tintas S.A, Sunchemical aprueban la fabricación local del barniz Wepvar 969932, el cual hasta la fecha se importaba de los EEUU, lo que permitiría reducir los costos de este producto intermedio usado en la fabricación de tintas, generando así una mayor rentabilidad para la empresa -como es sabido el medio en que se desarrollan les exige a las empresas obtener la mayor utilidad posible para hacer sostenible su funcionamiento-. Al dar inicio a la fabricación de este producto en la planta de Medellín, rápidamente la producción llega a su tope máximo lo que hace imposible, de cara al futuro con el incremento en ventas pronosticado para el segundo semestre de 2010, cumplir al cliente interno para la producción de tintas.

Ante esta situación se ha hecho necesario mejorar el proceso de producción de la planta de barnices y así cumplir con este producto intermedio para la posterior producción de tintas. Lo anterior se realizó teniendo como pilares la reducción de los tiempos de algunos subprocesos, tales como el proceso de disolución de la resina, basado en la implementación de una tolva, además de la consecuente redistribución de la planta de barnices, la reducción de tiempo en el subproceso de pesaje utilizando celdas de carga -dispositivo que lo hará más automatizado y

efectivo-, además de plantear la implementación de un reactor adicional que permitirá aumentar la capacidad instalada.

La implementación de las mejoras, anteriormente señaladas, fue realizada partiendo de un diagnóstico de la situación encontrada, obtenido gracias a la retroalimentación de los empleados y a un seguimiento detallado del proceso en el cual se identificaron los factores más relevantes en la producción de barnices; posteriormente se realizaron tomas de tiempos y datos que permitieron cuantificar estos factores y con esta medición tomar decisiones encaminadas a mejorar el proceso de producción.

A la hora de implementar las mejoras, las dificultades más significativas que se encontraron fueron: tener que suspender el proceso en ciertas ocasiones, con el fin de implementar las modificaciones, asegurar junto con el departamento de calidad que las condiciones del producto final cumplieran con los requerimientos de la empresa (generalmente en el ambiente industrial existe cierta tendencia a temerle al cambio en los procesos y hay una exigencia por la inmediatez de los resultados).

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Mejorar el proceso de producción de la planta de barnices de la empresa Tintas S.A Sunchemical.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar el estado actual del proceso de producción de barnices con el fin de identificar factores críticos del proceso.
- Analizar, medir y evaluar los factores críticos de la planta de producción de barnices.
- Plantear e implementar acciones en el área de barnices con el fin de establecer soluciones a los factores críticos encontrados.
- Definir y evaluar indicadores de gestión para cuantificar el efecto de las acciones implementadas.

## **2. ALCANCE**

El proyecto tiene como finalidad, una vez diagnosticado e identificados los factores críticos, mejorar el proceso de producción de la planta de barnices que permita la estandarización en la fabricación y la reproducibilidad en el tiempo.

Se entregará, al finalizar este proyecto, una carta de procesos de los 4 principales barnices que representan aproximadamente el 80% de la producción total de la planta, con la que se disminuirá el tiempo de homogenización de la resina sólida en el vehículo, se reducirá el tiempo de pesaje de los aceites y la resina líquida, se dejará planteada la propuesta del montaje de un tercer reactor y se mejorará la distribución de la planta según ésta lo requiera teniendo en cuenta lo antes mencionado.

### **3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

Tintas S.A SunChemical es una empresa creada en 1970, perteneciente al grupo mundial IMSA; su razón social es producir tintas y servicios para artes gráficas entre los cuales se puede disponer de tintas para empaque base solvente y base agua, las cuales son empleadas para la impresión de empaques flexibles, cajas de cartón y bultos de cemento, mediante técnicas de impresión flexográfica y rotograbado. Además se fabrican tintas para publicaciones base aceite empleadas para impresión de libros y revistas (que son realizadas mediante técnicas de impresión tipo sheet fed, heat set y cold set).

Esta empresa tiene en Medellín su sede administrativa, la planta de producción de corrugados (tintas para empaque base agua) y la planta de publicaciones. Tiene además, otra planta de producción de tintas para empaque (tintas base solvente) en la ciudad de Cali. Posee plantas satélites (mezcla) en las ciudades de Bogotá, Quito (Ecuador), Valencia (Venezuela) y Lima (Perú). Actualmente está compuesta por 425 empleados en los 4 países donde opera.

La empresa suministra tintas para impresión, barnices, lacas y servicios pre y post venta efectuados por los departamentos de ventas y marketing técnico. Se administra mediante una Junta conformada por personal de SCLA (SunChemical Latinoamérica) e IMSA con igual participación.

Cuenta con una organización tipo matricial con un gerente, los directores de negocio de empaque y publicaciones, y unas áreas de apoyo que dan servicio a estos negocios y países (directores de desarrollo, financiero, gestión humana, logística, producción).

## **4. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO**

### **4.1 DEFINICIÓN DE TINTA**

Una tinta de impresión es una mezcla homogénea compuesta principalmente por pigmentos, aditivos y barnices. Su uso final es la de reproducir, mediante un proceso de impresión, una imagen grabada sobre determinado sustrato.

### **4.2 COMPOSICIÓN DE LAS TINTAS**

Pigmento: sustancia sólida encargada de dar el color a la tinta, la cual es insoluble en el medio.

Aditivo: componente específico de cada tinta y es el encargado de dar características especiales y de acabado.

Barniz: componente fluido de la tinta, a su vez está compuesto por la resina y un solvente o diluyente. Se utiliza principalmente como medio de transporte para los pigmentos. Aquí la resina forma un revestimiento contínuo que envuelve el pigmento y lo mantiene firmemente unido al sustrato. La composición de ésta resina depende del medio de impresión por el cual se va a aplicar la tinta. Es el componente principal de la tinta, la compone en un 70%. Para el proyecto se trabajará con barnices que serán impresos a través de litografía (barnices base aceite).

La cantidad (en %) en que cada uno de los componentes mencionados compone la tinta no fue revelada por la empresa Tintas S.A Sunchemical, argumentando que dicho dato forma parte de la formula de fabricación de la empresa.

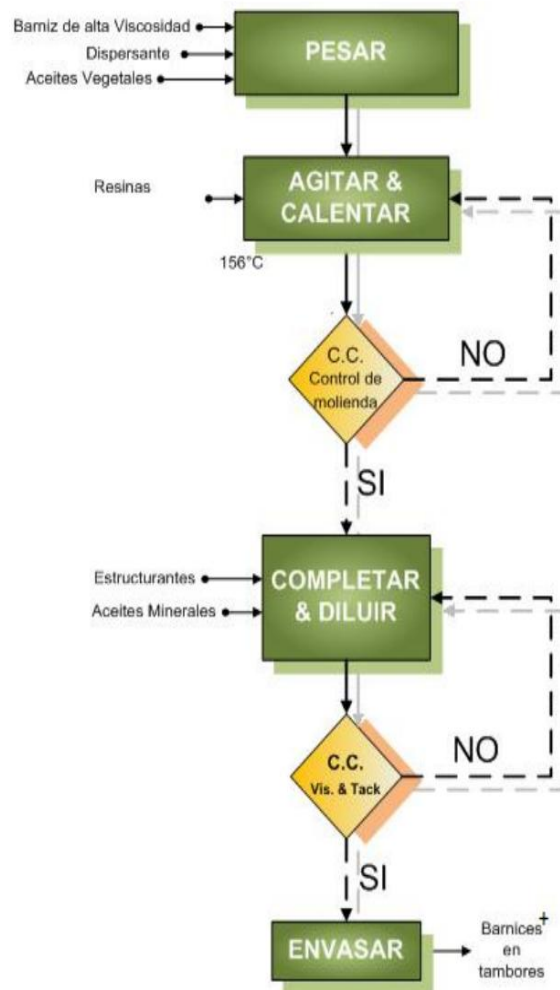
### 4.3 ELABORACIÓN BARNICES BASE ACEITE

Los barnices óleo-resinosos son producidos en recipientes cerrados (generalmente se fabrican lotes no superiores a los 4.000 kilogramos), con el fin de asegurar que los componentes del barniz se homogenicen correctamente.

En primera medida se hace la preparación en las cantidades indicadas de una solución de resina alquídica (blanda) y aceites vegetales, posterior a esto, y a una temperatura mayor, se agregan resinas duras. Los recipientes son calentados con de resistencias con la ayuda de aceites térmicos y a través de una chaqueta que rodea el recipiente. Además del uso de un rotamix, cuyo efecto permite la homogenización gracias al choque de partículas y al calentamiento de la solución, alcanzando temperaturas de 170°C aproximadamente.

Después de la preparación de la mezcla básica de aceites y resinas duras y blandas, ésta puede ser modificada mediante agentes estructurantes, generalmente metálicos, disueltos en complejos orgánicos para favorecer la dilución. La ilustración 1 muestra un diagrama de proceso de la fabricación del barniz.

### Ilustración 1. Diagrama de proceso para la producción de barnices



Fuente: documento interno Tintas offset, Medellín 2010

Como se mencionó anteriormente, la producción de un barniz (base aceite) que cumpla con las propiedades requeridas, tales como solubilidad, viscosidad, etc., requiere de un amplio conocimiento y experiencia para su fabricación, por este motivo la mayoría de las empresas productoras de tintas dejan la fabricación de este producto intermedio a empresas dedicadas sólo a la producción de éstos.



#### 4.4 COMPONENTES DEL BARNIZ

La formulación de los barnices es cuidadosamente desarrollada y, en general las cantidades y proporciones de cada componente deben ser respetadas a cabalidad para garantizar las características técnicas que sobre el barniz se exigen. A continuación se mencionarán los componentes del barniz.

Resinas alquídicas: son la resina fundamental para la formulación de barnices, especialmente por su viscosidad manejable. El alto brillo de éstas permite que sean muy utilizadas principalmente como formadoras de película en tintas de rápido secado, es el caso de tintas litográficas y rotativas. “Su compatibilidad con otras resinas permite que puedan ser usadas en combinación, siempre y cuando la formulación del barniz resultante sea cuidadosamente diseñada”<sup>1</sup>.

Resinas fenólicas: son usadas junto con aceites para producir barnices para tintas rotativas y litográficas. Presentan alta capacidad de humectación de pigmento por lo que, en ocasiones son usadas como modificadores de barnices fenólicos para mejorar la humectación y estabilidad de éstos. “Presentan relativamente bajos puntos de ablandamiento, entre 90°C y 140°C<sup>2</sup>”. Los barnices fabricados con estas resinas presentan excelentes velocidades de secado, muy buen brillo, buenas propiedades de adhesión y altas resistencias a los álcalis.

Aceites minerales: se utiliza esta denominación para aceites obtenidos por refinación del petróleo y su principal uso es el de lubricantes en la industria automotriz. Sin embargo, por su destacada viscosidad, son utilizados como

---

<sup>1</sup> MENDOZA A. Gustavo (2010), Herramientas Fase I. En: Capacitación Seis Sigma Tintas S.A.

<sup>2</sup> TINTAS S.A (2010), Capacitación fabricación de barnices.

agentes reológicos para modificar propiedades como viscosidad en la industria de tintas. Adicionalmente los aceites minerales influyen en el fijado y brillo de la tinta así:

- Si son muy compatibles con la resina fenólica, la tinta presenta buen brillo y mal fijado.
- Si son medianamente compatibles con la resina fenólica, la tinta presenta mal brillo y buen fijado.

Aceites vegetales: químicamente son glicéridos o triglicéridos de ácidos grasos saturados o insaturados que se caracterizan por su alta capacidad para absorber oxígeno del aire y formar, películas elásticas o pieles, dependiendo del nivel de polimerización alcanzado. Estos aceites están directamente relacionados con el proceso de secado de la tinta.

## 5. MARCO TEÓRICO

A continuación se mencionan temas que se incluyeron en la metodología del proyecto:

### 5.1 DIAGRAMAS DE PARETO

Con el fin de identificar los factores que más afectan el proceso productivo se realizaron diagramas de Pareto. Éstos constan de un gráfico conformado por datos categóricos y tiene como finalidad, mostrar los principales problemas del proceso productivo.

Se basa en un principio conocido como “Ley 80-20” o “pocos vitales, muchos triviales” y plantea que el 20% de los elementos generan el 80% de las acciones. Este diagrama sirve como punto de partida para el mejoramiento del proceso, pues una vez identificadas las causas fundamentales de la problemática es posible avanzar en la solución de estas, evitando trabajar al mismo tiempo en diferentes causas las cuales influyen en mayor o menor medida un problema. El factor debe ser mejorado preferiblemente en las causas de mayor impacto<sup>3</sup>.

### 5.2 MEDICIÓN DEL TRABAJO

La técnica de medición del trabajo es empleada principalmente para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a una tarea determinada. Este análisis permite identificar, gracias a la desagregación de una tarea en varios elementos, factores importantes de una actividad que pueden ser modificados con

---

<sup>3</sup> GUTIERREZ PULIDO, Humberto y DE LA VARA SALAZAR, Román. Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. Segunda Edición. McGraw Hill, 2009.

el fin de reducir dicho tiempo o facilitar la labor de quien la realiza, logrando establecer puntos de referencia con miras al mejoramiento.

Según el profesor FERNANDO ESPINOSA, “basándose en una medición del trabajo es posible definir un tiempo adecuado para la ejecución de las operaciones, de acuerdo con una interrelación equilibrada de cada uno de sus componentes”<sup>4</sup>. Lo que se asume es un buen punto de partida para el mejoramiento de un proceso productivo de una empresa y, por ende, el aumento de la productividad de la misma.

Existen varias técnicas para medir el trabajo, pero su elección depende principalmente del nivel de detalle deseado y de la naturaleza del trabajo en sí. Según CHASE, AQUILANO y JACOBS, “el trabajo altamente detallado y repetitivo requiere un análisis del estudio del tiempo y cuando el trabajo es infrecuente o implica un tiempo de ciclo largo, el instrumento elegido es el muestreo del trabajo”<sup>5</sup>.

#### 5.2.1 Estudio de tiempos.

Éste generalmente se lleva a cabo con un cronómetro en el lugar donde se realiza la operación; esta operación se divide en elementos que deben ser cronometrados individualmente. Una vez se registran varias repeticiones, se saca un promedio de los tiempos observados. Este tiempo promedio, relacionado con el índice de desempeño, que indica, a que velocidad trabajó el operario se conoce como tiempo normal. A este tiempo se le deben incluir (sumar) las tolerancias para necesidades personales, retrasos inevitables y fatiga del trabajador, dando como resultado el tiempo estándar de la operación en cuestión.

---

<sup>4</sup> [http://ing.utalca.cl/~fespinos/16-ANÁLISIS\\_MEJORAS\\_MÉTODOS\\_TRABAJO.pdf](http://ing.utalca.cl/~fespinos/16-ANÁLISIS_MEJORAS_MÉTODOS_TRABAJO.pdf)

<sup>5</sup> CHASE, Richard; AQUILANO, Nicolás y JACOBS, Robert. Administración de producción y operaciones. Mexico D.F.-MEXICO: Mc Graw Hill, 2005

### 5.2.2 Muestreo de trabajo.

Esta técnica implica observar una fracción de la actividad; después de ello, con base en los descubrimientos de esta muestra, se sacan conclusiones y apuntes significativos sobre la misma.

## 5.3 DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

La distribución correcta de una planta es de gran relevancia en el funcionamiento de un sistema productivo ya que puede proporcionar ventajas competitivas, tales como eficiencia en el flujo de material, en la información, cortos desplazamientos, entre otras.

El término “distribución de planta” se refiere a determinar la ubicación de las máquinas, el personal, zonas de almacenamiento, puntos de revisión y demás factores pertinentes a un proceso. Sin embargo, esta decisión debe ir orientada en pro de mantener al interior de la planta un flujo de trabajo ininterrumpido, por lo que se hace necesario un análisis de los siguientes elementos, que pueden llevar a una decisión correcta:

- Cantidad de espacio requerido y disponibilidad de éste.
- Distancia que se debe recorrer entre las actividades.
- Configuración de las instalaciones.
- Seguridad del personal y del producto.

En la industria, y gracias a estudios realizados durante varios años, se han detectado algunos indicadores que señalan una buena distribución de planta:

- Patrón de flujo en línea recta.

- Los retrocesos se mantienen al mínimo.
- El tiempo de producción es predecible.
- Poco almacenamiento de material entre etapas.
- Los cuellos de botella en las operaciones están controlados.
- Estaciones de trabajo cerca unas de otras.
- Manejo y almacenamiento ordenado de materiales.
- No hay manejo repetitivo e innecesario del material.
- Se ajusta con facilidad a las situaciones cambiantes.

La distribución de una planta puede clasificarse según el patrón general del flujo de trabajo, existen tres tipos de distribución básicos (distribución por procesos, distribución por productos y distribución por posición fija) y uno que es una especie de mezcla (distribución por células).

## 5.4 INDICADORES DE GESTIÓN

Es posible definir un indicador como una unidad de medida cuantitativa de las variables de un proceso o producto. Mediante su uso se identifica e informa, a jefes y empleados, sobre el rendimiento de las diferentes actividades de la empresa y así centrarse en los aspectos más relevantes para alcanzar los objetivos de la misma.

Para BARBOSA CARDONA, “lo que no se mide, no se puede evaluar y lo que no se puede evaluar no es susceptible de ser mejorado”<sup>6</sup>, de ahí la importancia de su implementación, así que es necesario tener una herramienta que permita saber si se están obteniendo los resultados planteados para determinado proceso y esa herramienta son los indicadores.

---

<sup>6</sup> BARBOSA CARDONA, Octavio. Los indicadores de Gestión y su contexto. Bogotá- Colombia: Escuela Superior de Administración Pública, 2001

Con los indicadores es posible tener un referente objetivo pues se apoyan en datos fiables recolectados de modo seguro, lo que permite identificar logros, complementando así un programa de mejoramiento que se desee implementar. Esto es de vital importancia, pues un indicador basado en información no veraz puede inducir a decisiones erróneas.

Los indicadores deben reunir las siguientes características:

- Deben ser válidos; que se puedan medir y arrojen resultados concretos.
- Explícitos; que sean claros y se puedan reconocer con facilidad las variables que se están evaluando.
- Sensibles; que permitan evidenciar cambios con el tiempo y, así, poder concluir como se comporta la variable en distintos momentos ó circunstancias.
- Excluyentes; de tal manera que eliminen otras mediciones que pueden ser innecesarias y/o redundantes.
- Relevantes; que sirvan para medir variables importantes y permitan tomar decisiones.
- Pocos en cantidad; de tal manera que se haga más sencillo su control, comparación, manejo y ponderación.

## 6. ESTADO DEL ARTE

### 6.1 PROYECTOS SIMILARES

Desde la década de los 90, en la empresa Tintas S.A Sunchemical se han interesado por hacer sus procesos mucho más eficientes, debido a la alta competitividad de su gremio. Es por ello que, en 1997, los estudiantes de ingeniería de producción JORGE ANDRÉS HURTADO y SERGIO YEPES de la Universidad EAFIT, realizaron un proyecto para el análisis de métodos de trabajo en la planta de producción de tintas líquidas, basados en el estudio de tiempos y la reducción de tiempos improductivos<sup>7</sup>. Esta propuesta fue enfocada básicamente al manejo de materiales, además fue realizado en un área diferente de la empresa, hecho que lo diferencia del actual proyecto.

A finales de 2008, se realizó otro proyecto en el área de barnices de la empresa, la cual estaba recientemente instalada; aquí se procuró optimizar la producción de barniz para la fabricación de tintas base aceite<sup>8</sup>, basado fundamentalmente en analizar cual era la mejor manera de agregar manualmente la resina sólida. Si bien este proyecto fue realizado en la misma área de la actual propuesta, se diferencia en que la resina se dejará de agregar manualmente y esta actividad pasará a realizarse a través de un dispositivo mecánico (tolva), además que el siguiente proyecto incluirá la actividad de pesaje.

---

<sup>7</sup> CASTAÑO Santiago, HOYOS Julián. Mejoramiento de empaque y almacenamiento en Ascensores Andino. Medellín. Universidad EAFIT. 2008

<sup>8</sup> ÁNGEL GALLEGU, Santiago. Optimización del proceso de producción de barnices para la fabricación de tintas base aceite. Medellín. Universidad EAFIT. 2008



## 6.2 ACTUALIDAD DE LA INDUSTRIA QUÍMICA

Tintas S.A Sunchemical es una empresa que forma parte de la industria química por lo tanto se hace necesario estudiar cual ha sido el comportamiento y evolución de este renglón de la economía en los últimos años.

Según datos recientes “la capacidad de producción media de las plantas que fabrican productos químicos básicos se ha multiplicado desde por 2 hasta por 6 en los 10 últimos años”<sup>9</sup>. Empresas mundialmente conocidas como BASF han liderado estos crecimientos basándose en la automatización de sus plantas, lo que les ha permitido aumentar su capacidad de producción a niveles nunca antes vistos. Algunos expertos coincidían en que países con costos de mano de obra altos, estaban limitados a competir por este aspecto. Sin embargo, se ha demostrado que los costos de la mano de obra no son en realidad uno de los principales factores de costo en la industria de procesados. El costo de la mano de obra supone sólo una modesta contribución (10%) al costo total de la producción. Dicho esto, se puede concluir que los parámetros que están elevando los costos en la industria, son los del capital y del suministro de energía y materias primas. Éstas dejan en evidencia que la optimización de las metodologías y la eficiencia de los procesos, son los factores cruciales para la competitividad en el mercado internacional de los productos químicos y no el precio de la mano de obra.

---

<sup>9</sup> <http://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/37550-Las-plantas-quimicas-buscan-la-excelencia-en-el-funcionamiento-de-megaplantas.html>

Empresas como Bayer han evolucionado la ingeniería de su proceso de tal forma que los sistemas actuales de análisis de procesos online pueden cubrir prácticamente toda la banda de necesidades de adquisición de datos.

El futuro de las grandes potencias en la industria química apunta hacia la biotecnología, en el afán de encontrar fuentes renovables de materia prima. Se dice que “actualmente sólo un 5% de los procesos de producción en la industria química europea están basados en la biotecnología, pero los investigadores de mercado están convencidos de que esta cifra ascenderá al 15% para 2015”<sup>10</sup>, lo que ayudará a dejar a un lado la dependencia de los derivados del petróleo y podría generar beneficios económicos, por la reducción de costos de materia prima. Otro punto interesante al que aspiran las empresas químicas a tener en funcionamiento es la ingeniería virtual, según expertos “en el futuro, la ingeniería virtual será una metodología y herramienta indispensable para los usuarios y proveedores de materiales de producción y desempeñará un papel esencial durante la fase de diseño y de funcionamiento”<sup>11</sup>. Según datos de agencias especializadas, con la ingeniería virtual “el tiempo de planificación de la producción se puede reducir en un 30%, se puede recortar un 40% de los costes de producción y los costes de inversión se podrían reducir hasta en un 30%”<sup>12</sup>.

A nivel nacional si bien empresas como ANDERCOL no tienen niveles y aplicaciones de ingeniería tan altos como los europeos, han implementado en sus

---

<sup>10</sup> <http://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/37550-Las-plantas-químicas-buscan-la-excelencia-en-el-funcionamiento-de-megaplantas.html>

<sup>11</sup> <http://www.interempresas.net/Química/Artículos/37550-Las-plantas-químicas-buscan-la-excelencia-en-el-funcionamiento-de-megaplantas.html>

<sup>12</sup> <http://www.interempresas.net/Química/Artículos/37550-Las-plantas-químicas-buscan-la-excelencia-en-el-funcionamiento-de-megaplantas.html>

procesos importantes niveles de automatización. Una vez vieron la necesidad de plantearse la actualización del sistema de monitorización y control de la producción, procedieron a actualizar el sistema de control de sus reactores ya que, como sucedió en Europa en la planta de Mollet del Vallès en Barcelona (fabricantes de resinas), “los reactores tenían un sistema de control (PLC- controlador lógico programable- con un SCADA -control supervisor y adquisición de datos-) que no disponía de soporte técnico ni posibilidad de recambio del hardware o actualización del software ya que el fabricante no existía”<sup>13</sup> explica Xavier Puyol, responsable del área de ingeniería de la planta.

Por ello se hace importante a la hora de automatizar algún proceso, que éste, además de dar garantías en la monitorización de la producción y ofrecer un fácil despliegue, tenga un estándar de mercado que pueda adaptarse a cualquier estructura de hardware de la planta. Otro de los factores a tener en cuenta es dejar abierta la posibilidad de ir creciendo en automatización pudiendo llegar a integrar toda la planta, esto es vital para la industria local, donde por algunas limitaciones económicas, las empresas deben ir creciendo paso a paso en temas de automatización.

---

<sup>13</sup> [http://www.wonderware.es/contents/images/Cray%20Valley\\_ss.pdf](http://www.wonderware.es/contents/images/Cray%20Valley_ss.pdf)

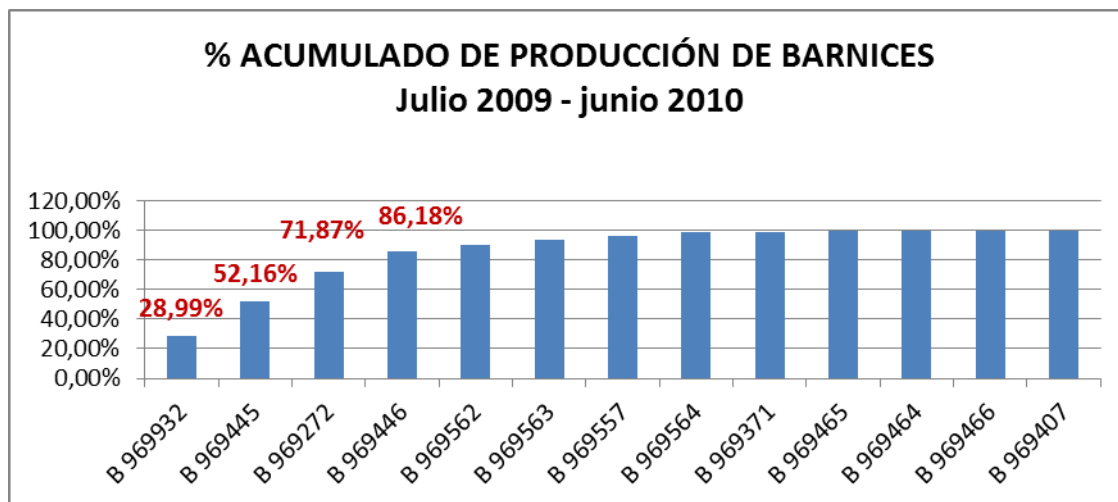
## 7. IDENTIFICACIÓN DE FACTORES CRÍTICOS

### 7.1 ANÁLISIS CAUSA EFECTO

El proyecto está basado en los barnices que representan aproximadamente el 80% de la producción total de la planta. Se realizó esta conclusión por medio del principio de pareto, el cual enuncia que el 20% de una acción producirá el 80% de los efectos pues estos barnices son los que demandan mayor tiempo de uso de los equipos, de la mano de obra y son los que tienen la mayor rotación en la planta. Por medio de este método se determinaron los factores a mejorar en la fabricación de los productos en la planta de barnices de Tintas S.A Sunchemical.

Analizando los datos históricos de la producción de barnices se llega a la situación que muestra la gráfica 1, obteniendo como resultado 4 barnices: B969932, B969445, B969446, B969272, estos constituyen el 86% de la producción total.

**Gráfica 1. Porcentaje acumulado producción barnices Julio 2009 - Junio 2010**



Fuente: elaboración propia

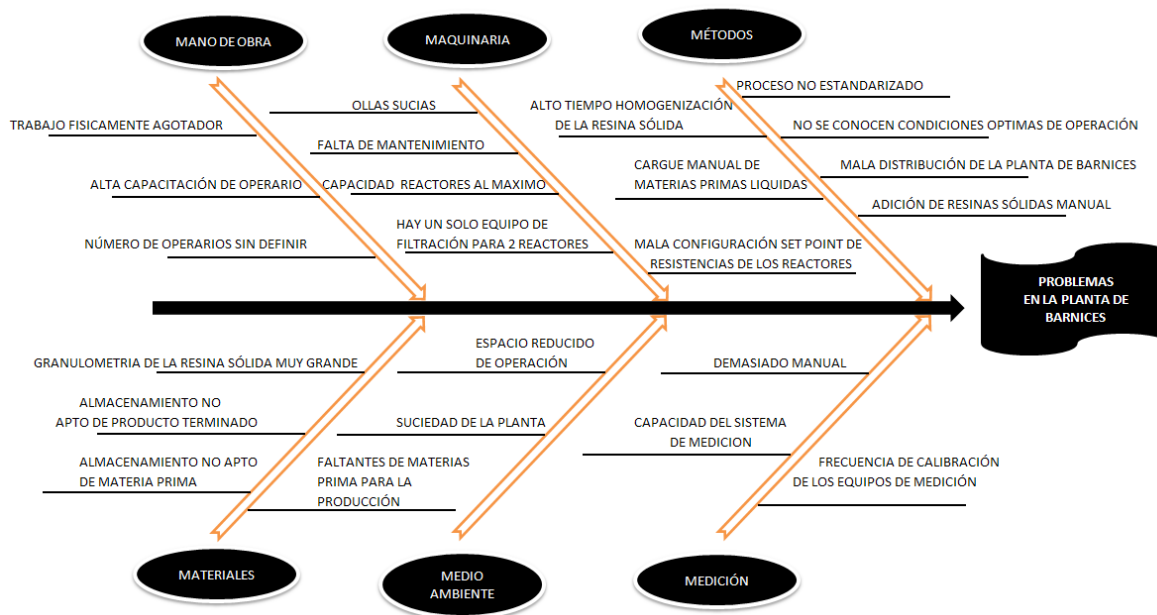
## 7.2 DIAGRAMA CAUSA – EFECTO

Cuando se pretende enfrentar un problema es necesario conocer en profundidad el proceso con que se trabaja, visualizando con claridad las relaciones entre los efectos y las causas que generan los inconvenientes. Un conocimiento profundo del proceso permitirá guiar las discusiones que se puedan generar dentro del equipo de trabajo que busca mejorar el proceso y exponer con claridad los orígenes de un problema. Bajo el criterio de un grupo de personas pertenecientes a las áreas de producción y área técnica, se realizó el diagrama causa efecto del proceso de fabricación de barnices con la participación de los operarios encargados del proceso y algunos ingenieros de la planta de producción. Este se muestra en la ilustración 2.

Las personas involucradas en el análisis de estas variables fueron:

- Oscar Sánchez- área técnica.
- Luís Guillermo Mazo- investigación y desarrollo.
- Catalina Gómez- área técnica.
- Bernardo Betancourt- control calidad.
- Joaquín López- producción (supervisor).
- Juan José Bermúdez - producción (jefe de planta).
- Rubén Rojas- producción (director de producción).
- Raúl Ramírez- producción (operario barnices).
- Ariel Ortega - producción (operario barnices).
- Ferney Cuartas- producción (pesador).

## Ilustración 2. Espina de pescado - análisis causa efecto

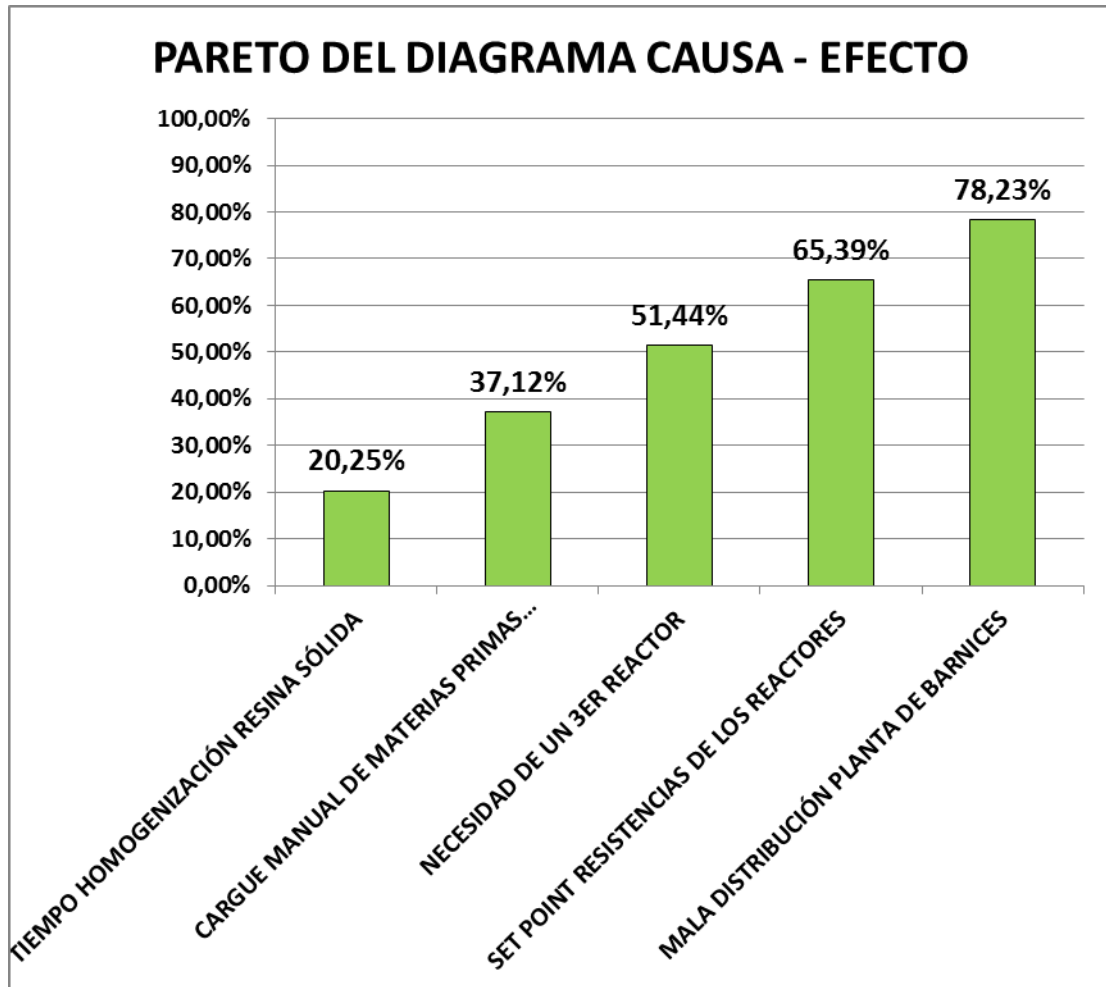


Fuente: elaboración propia

A partir de una reunión programada por las áreas de producción e investigación y desarrollo en donde participaron el director de cada una de ellas, el jefe de producción de la planta y un operario líder en la producción de barnices, se realiza de manera individual una puntuación a cada una de las 23 posibles causas de los problemas de producción de la planta de barnices, siendo 1 el menor puntaje y 23 el mayor puntaje y se saca un informe final en donde, por medio del método de Pareto, se identifican las principales causas a atacar durante el desarrollo del proyecto de grado. Esto se puede apreciar en el anexo A.

La gráfica 2, que se muestra a continuación permite resumir en un diagrama de Pareto los resultados porcentuales del anexo A.

Gráfica 2. Pareto del diagrama causa efecto



Fuente: elaboración propia

Se llega a la conclusión que estas causas identificadas a lo largo del proyecto son las que se deben atacar inicialmente para mejorar el proceso de producción de la planta de barnices. Por lo tanto, se hace necesario realizar un análisis de la situación encontrada en cada una de las actividades que las causas anteriores afectan, como se muestra a continuación:

- Tiempo en homogenización de la resina sólida y set point de las resistencias de los reactores; están directamente relacionadas con el proceso de fabricación del barniz.
- Cargue manual de materias primas líquidas; se encuentra relacionado con la actividad de pesaje. Aunque esto está directamente relacionado con el proceso de fabricación del barniz, se analizará por aparte.
- Necesidad de un tercer reactor se relaciona con el incremento en la demanda.
- La mala distribución de la planta de barnices.



## **8. SITUACIÓN ENCONTRADA**

Teniendo en cuenta los factores críticos hallados en el diagnóstico, se hace una explicación detallada de cada uno de ellos y de su relevancia en la planta de barnices.

La planta de barnices actualmente realiza 2 turnos en el día con la presencia de 1 operario por turno, cuenta con 2 reactores cada uno con una capacidad para producir 800Kg/lote; cada lote de barniz toma en promedio un tiempo de 288.75 min (promedio tiempo total de producción 4 principales barnices, tabla 1-2-3-4); los 2 reactores producen 4000Kg/día de barniz, lo que llevado a meses es una producción de 120000Kg/mes. A continuación se anexa la carta de procesos actual, la cual será corroborada con la ejecución de ensayos y la medición de los respectivos tiempos que los ensayos toman y comprobar así la información de la carta de procesos.

### **8.1 CARTAS DE PROCESO**

En las tablas 1, 2, 3 y 4 que se muestran a continuación se pueden observar las cartas de proceso de los 4 principales barnices que representan aproximadamente el 80% de la producción total, en las cuales se aprecia que la actividad de mayor duración es la de homogenización luego de adicionar las resinas sólidas a excepción del barniz 969446 en el que filtrar toma 110 minutos por la alta viscosidad que presenta.

**Tabla 1. Carta de control de procesos barniz ref. 969445**

<b>CARTA DE CONTROL DE PROCESO</b>	
<b>BARNIZ 969445</b>	<b>TIEMPO (min)</b>
PESAR	30
AGITACIÓN INICIAL	40
ADICIÓN DE RESINA	30
AGITAR, HOMOGENIZAR Y SUBIR TEMPERATURA	80
CHEQUEO DE MOLIENDA	10
AJUSTAR	15
CHEQUEO DE PROPIEDADES	20
FILTRAR Y ENVASAR	25
<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>250</b>

Fuente: área de investigación y desarrollo Tintas S.A Sunchemical

**Tabla 2. Carta de control de procesos barniz ref. 969446**

<b>CARTA DE CONTROL DE PROCESO</b>	
<b>BARNIZ 969446</b>	<b>TIEMPO (min)</b>
PESAR	30
AGITACIÓN INICIAL	40
ADICIÓN DE RESINA	30
AGITAR, HOMOGENIZAR Y SUBIR TEMPERATURA	80
CHEQUEO DE MOLIENDA	10
AJUSTAR	15
CHEQUEO DE PROPIEDADES	20
FILTRAR Y ENVASAR	110
<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>335</b>

Fuente: área de investigación y desarrollo Tintas S.A Sunchemical

**Tabla 3. Carta de control de procesos barniz ref. 969932**

<b>CARTA DE CONTROL DE PROCESO</b>	
<b>BARNIZ 969932</b>	<b>TIEMPO (min)</b>
PESAR	30
AGITACIÓN INICIAL	50
ADICIÓN DE RESINA	40
AGITAR, HOMOGENIZAR Y SUBIR TEMPERATURA	90
CHEQUEO DE MOLIENDA	10
AJUSTAR	15
CHEQUEO DE PROPIEDADES	20
FILTRAR Y ENVASAR	50
<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>305</b>

Fuente: área de investigación y desarrollo Tintas S.A Sunchemical

**Tabla 4. Carta de control de procesos barniz ref. 969272**

<b>CARTA DE CONTROL DE PROCESO</b>	
<b>BARNIZ 969272</b>	<b>TIEMPO (min)</b>
PESAR	30
AGITACIÓN INICIAL	50
ADICIÓN DE RESINA	30
AGITAR, HOMOGENIZAR Y SUBIR TEMPERATURA	85
CHEQUEO DE MOLIENDA	10
AJUSTAR	15
CHEQUEO DE PROPIEDADES	20
FILTRAR Y ENVASAR	25
<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>265</b>

Fuente: área de investigación y desarrollo Tintas S.A Sunchemical

## 8.2 HOMOGENIZACIÓN DE LA RESINA SÓLIDA

Los ensayos realizados con el proceso actual se hicieron con el fin de comparar los tiempos medidos con los plasmados en la carta de procesos. De esta manera se demostrará, como se señaló en el diagnóstico, que la homogenización de la resina sólida con la solución es el subproceso que más tiempo tarda en el proceso general.

Estos ensayos fueron medidos desde que se encienden las resistencias, es decir ya hay parte de la materia prima vertida en el reactor, hasta que se obtiene la aprobación de la molienda -no se incluye la actividad de pesaje ya que esta actividad, al ser otro factor preponderante en el tiempo de fabricación del barniz, será analizada por aparte-. Mientras que actividades como ajustar, filtrar y envasar, no evidenciaron mayor impacto en el diagnóstico por lo que no serán tenidas en cuenta como objeto de estudio en este proyecto.

Con el fin de hacer un análisis del proceso que actualmente se realiza para la fabricación del barniz, se llevó a cabo la toma de tiempos y temperatura de tres lotes de producción del barniz 969445 – el cual se utilizará como base - ya que por programación de producción es el barniz asignado en el horario de los ensayos (6 AM), además que los factores que se identifiquen con este barniz pueden ser aplicados en las demás referencias, ya que tienen procedimientos similares. En la tabla 5 se muestra un promedio de las muestras realizadas.

**Tabla 5. Toma de tiempo de proceso encontrado**

Toma de tiempo de proceso encontrado					
Referencia:	969445				
Descripción	Este proceso se realizó con el método actual, es decir agregar resina sólida de a 3 bultos cada 10 minutos. Se agregaron 11 bultos* 25 kg c/u= 275 kg				
Operario:	Raúl				
Temperatura inicial (°C)	Tiempo inicial (min)	Actividad	Duración actividad (min)	Temperatura final(°C)	Tiempo acum (min)
Ambiente	0	Elevar temperatura con rotamix y resistencias prendidas	50	108	50
108	50	Se agregan los primeros 3 bultos de resina.	1.6	106	
110.7	61	Se agregan los siguientes 3 bultos de resina.	1.71	104	
116	72	Se agregan 3 bultos de resina.	1.69	110.6	
119.8	83	Se agrega el resto de resina.	1.74	116.5	
	Tiempo total	Agregar resina sólida.	34.74		84.74
119.8	84.74	Agitar y subir temperatura hasta molienda(a partir último bulto resina).	<b>66</b>	166	150.74

Fuente: elaboración propia

De la tabla anterior se toma el tiempo acumulado para las dos actividades críticas en el proceso de homogenización de la resina sólida; las cuales son agregar la resina, que tomó 34.74 minutos y a partir de ahí hasta obtener molienda, donde transcurrieron 66 minutos.

El tiempo -tomado desde agregar el primer bulto de resina sólida hasta la aprobación de molienda- fue de 100.74 minutos; si se incluye el tiempo empleado en elevar la temperatura hasta los 108°C (momento en el que se agregó el primer bulto) el tiempo total sería 150.74 minutos.

En comparación con las cartas de proceso, teniendo en cuenta que hay factores tales como la velocidad de adición de la resina al tanque y la temperatura a la que se encuentra el tanque al iniciar el proceso y, teniendo como base lo ensayos realizados con el proceso actual se observa que el proceso puede tener una variabilidad aproximada de entre 0% y 15%, con respecto a las cartas de proceso.

En el proceso actual, una vez se han agregado al reactor el aceite vegetal, el aceite mineral y la resina alquídica, se espera que éstas alcancen una temperatura aproximada de entre 90°C a 110°C. A esta temperatura se agregan manualmente de a tres bultos de resina sólida (25 kg cada bulto) cada 10 minutos hasta completar la cantidad requerida.

Como se señaló anteriormente en la descripción del proceso de fabricación del barniz y como se puede corroborar con el ensayo realizado, una vez agregada la resina sólida, el proceso alcanza temperaturas que oscilan entre los 150°C y 165°C, temperatura a la cual se obtiene molienda. Aquí la solución está lo suficientemente homogénea y pasa la prueba del área de calidad. Teniendo en cuenta esto y la sugerencia del área de calidad la cual indica que no es conveniente que la solución pase mas de 5 minutos de los 170°C -ya que la mezcla puede comenzar a quemarse, según calidad-, se hace necesario que la resina sólida pase la mayor cantidad de tiempo posible a alta temperatura y bajo el efecto del rotamix, con el fin que pueda fundirse lo más rápido posible. Lo anterior lleva a controlar el flujo de ingreso de la resina al reactor y el tamaño de

ésta, pues el ingreso de un flujo elevado de resina al reactor haría, como se evidenció en la tabla 5, que la temperatura al interior del tanque se reduzca considerablemente, hecho que iría en detrimento del proceso.

Otro factor importante que se puede observar en el proceso actual es que las resistencias se disparan (se apagan) una vez alcanzan una temperatura de 130°C, haciendo que el único elemento que le brinda energía a la solución sea el rotamix, hecho que hace más lento el proceso y tomará más tiempo la resina en diluirse.

Así pues, y a manera de resumen, la homogenización de la resina depende en gran medida de la forma como ésta ingresa al reactor (granos) y de la temperatura que éste logre alcanzar, para así darle más calor a la solución y homogeneizarla en menos tiempo.

### 8.3 PESAJE

La actividad de pesaje, se realiza de manera manual, la materia prima que está almacenada en canecas se transporta cerca de la báscula con un montacargas; allí es elevada e inclinada y se vierte la cantidad deseada en otra caneca que está ubicada en la báscula. Una vez el indicador muestra la cantidad requerida se tapa la caneca que contiene la materia prima y se reubica con el montacargas. Luego la cantidad anteriormente pesada se vierte en el reactor y una vez haya acumulada una cantidad deseada para evitar que se queme la solución, se prenden las resistencias y el rotamix. Así se hace con cada uno de los aceites y resinas alquídicas. Este procedimiento toma aproximadamente entre 30 y 35 minutos; sin embargo, el encendido de las resistencias se hace aproximadamente a los 18 minutos de comenzado el pesaje, por lo que mientras el reactor va ganando temperatura se puede terminar de pesar el o los componentes restantes.

En este subproceso vale la pena mencionar que la experiencia del operario es vital en su duración, pues es necesario levantar las canecas que contienen la materia prima y transportarlas con el montacargas entre 10 metros y 20 metros, según el reactor en el que se vaya a trabajar, para lo que se necesita habilidad en el manejo de este vehículo. En la actualidad, el procedimiento es realizado por un operario que maneja montacargas desde hace 25 años aproximadamente, experiencia que lo vuelve confiable para la operación; sin embargo, en caso que un operario con menor experiencia en el tema realice tal operación, el pesaje podría demorar aproximadamente 15 minutos más (llevándose entre 45 minutos y 50 minutos). La tabla 6 muestra la duración promedio de cada actividad de pesaje.

**Tabla 6. Medición subproceso de pesaje encontrado**

Actividad	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)
Cargar caneca con aceite mineral y transportarla a pesa, alinear con caneca de destino.	2.84	2.84
Verter aceite mineral, pesar cantidad requerida.	1.8	4.64
Transportar caneca con aceite mineral y descargarla en zona de materia prima.	2.52	7.16
Cargar caneca con aceite mineral requerido, llevarla al reactor y depositar en éste.	2.8	9.96
Cargar caneca con aceite vegetal y transportarla a la pesa, alinear con caneca de destino.	2.91	12.87
Verter aceite vegetal, pesar cantidad requerida.	1.5	14.37
Transportar caneca con aceite vegetal y descargarla en zona de materia prima.	2.47	16.84
Cargar caneca con aceite vegetal requerido, llevarla al reactor y depositar en éste.	2.96	19.8
Cargar caneca de MP con resina alquídica y transportarla a la pesa, alinear con caneca de destino.	2.81	22.61
Verter resina alquídica, pesar cantidad requerida.	2.33	24.94
Transportar caneca con resina alquídica y descargarla en zona de materia prima.	2.38	27.32
Cargar caneca con resina alquídica requerida, llevarla al reactor y depositar en éste.	3.5	30.82

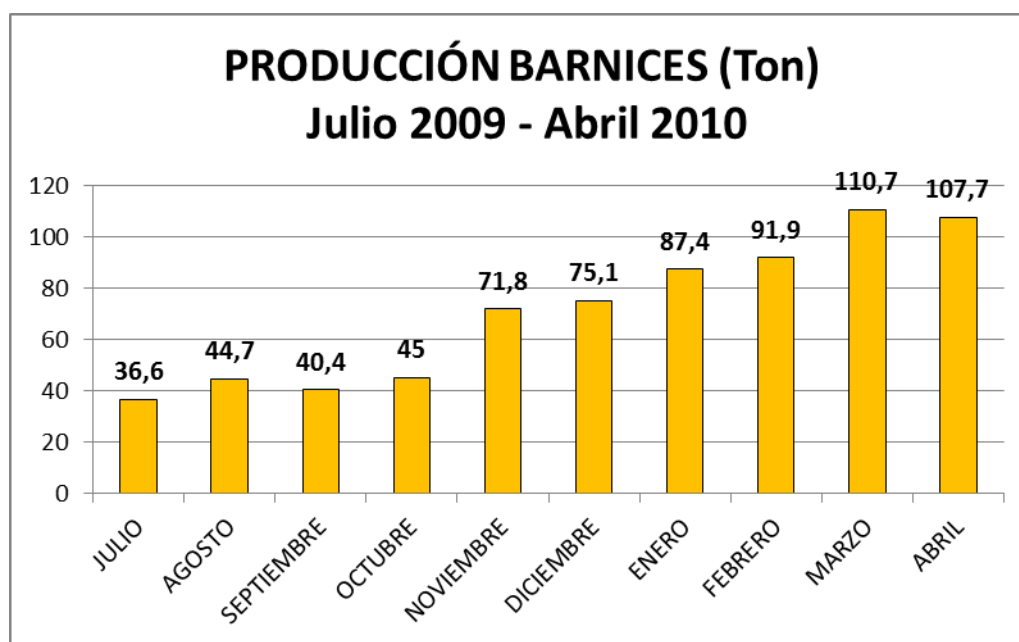
Fuente: elaboración propia.



#### 8.4 INCREMENTO EN LA DEMANDA

Además de lo anteriormente mencionado, la producción de los 4 principales barnices de la planta se ha incrementado desde julio de 2009 hasta abril de 2010, como lo demuestran la gráfica 3:

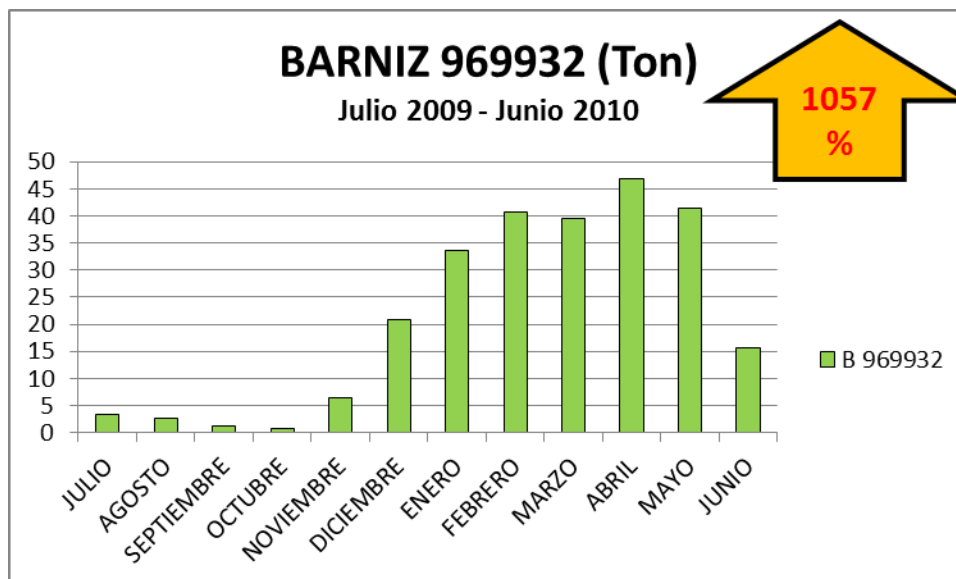
**Gráfica 3. Producción total de barnices julio 2009 - junio 2010**



Fuente: área de producción Tintas S.A Sunchemical

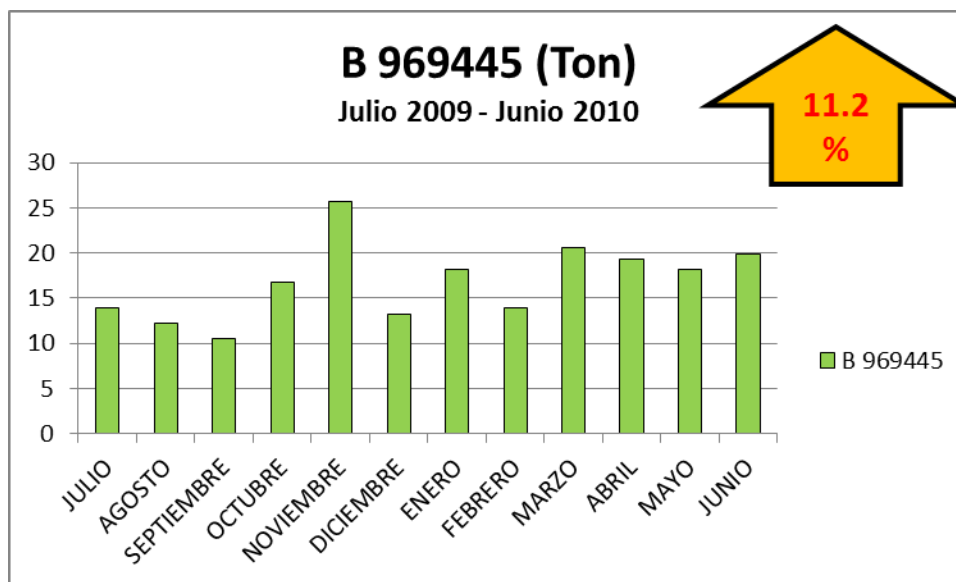
Las gráficas 4, 5, 6, 7 muestran el incremento de producción de cada uno de los 4 principales barnices, comparando el promedio de producción mensual entre julio 2009 – noviembre 2009 con respecto a diciembre 2009 - junio 2010:

**Gráfica 4. Producción barniz ref. 969932 julio 2009 – junio 2010**



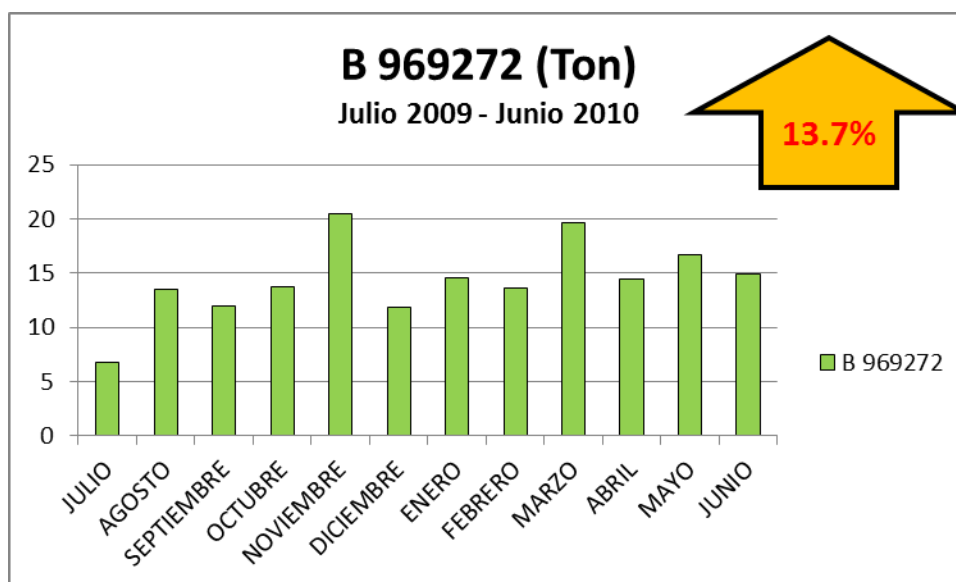
Fuente: área de producción Tintas S.A Sunchemical

**Gráfica 5. Producción barniz ref. 969445 junio 2009 - julio 2010**



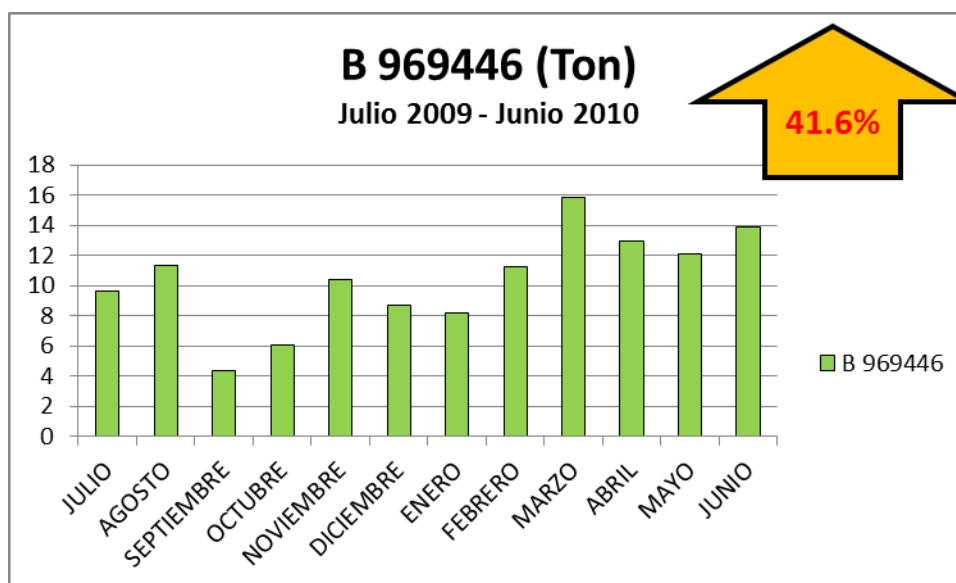
Fuente: área de producción Tintas S.A Sunchemical

**Gráfica 6. Producción barniz ref. 969272 julio 2009 - junio 2010**



Fuente: área de producción Tintas S.A Sunchemical

**Gráfica 7. Producción barniz ref. 969446 julio 2009 - julio 2010**



Fuente: área de producción Tintas S.A Sunchemical

Los pronósticos de ventas de tintas base aceite a 3 años según la compañía aumentarían en 20% anual, lo que sumado al creciente interés del área comercial por incluir el barniz en el portafolio de productos de la empresa -comercialización de barniz, en el que estudios de mercadeo proyectan ventas de 20 toneladas mensuales- y partiendo que la producción real actual es de 1284 ton/año (medida con base en la producción del mes de abril de 2010), se deja en evidencia la necesidad de la empresa de producir 1968 ton/año superando en 684 ton/anuales la producción actual en el primer año.

Dado que la programación de un tercer turno está sujeta a la cantidad total de personal en las instalaciones de planta de Medellín, en la que debe haber mínimo 15 personas para aceptar la programación de un tercer turno, no es posible suplir la necesidad anteriormente mostrada con un turno adicional de producción.

Basándose en la anterior información, y como una medida para impactar directamente la capacidad de producción de la empresa de manera que responda al acelerado crecimiento de la demanda, queda evidenciada la necesidad del montaje de un reactor adicional con capacidad de 1000 Kg, de lo contrario - y proyectado a 3 años - la planta de barnices no alcanzaría a abastecer las necesidades de la planta de publicaciones, y las necesidades de los clientes de barniz externos, generando retrasos o la obligación de adquirir faltantes fuera de la empresa. Es importante mencionar que el reactor que se sugiere montar se encuentra en la bodega de la empresa a la espera de la mejor utilización posible (la instalación de éste es una tarea asignada a técnicos capacitados de la empresa). Este aspecto se ampliará más adelante, en el apartado de mejoras implementadas.

## 8.5 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA

La distribución de planta del área de barnices en Tintas S.A Sunchemical -al iniciar este proyecto- se muestra en la ilustración 3.

**Ilustración 3. Distribución encontrada planta de barnices Tintas S.A Sunchemical**



Fuente: elaboración propia

### 8.5.1 Descripción de la distribución encontrada.

- Zona de pesaje: esta zona cuenta con un área de 5.87m<sup>2</sup>, allí está ubicada una báscula con una capacidad máxima de 2000Kg. En ésta se realiza el

pesaje de materias primas tales como resina líquida, los aceites vegetales y minerales, al final son pesados otros aceites que complementan la composición del barniz.

- Zona de materias primas: esta zona cuenta con un área de 13.05m<sup>2</sup> y allí se almacenan materias primas como los aceites minerales y vegetales y las resinas líquidas. La resina sólida es almacenada en la bodega principal de la planta y es enviada por tandas al área de barnices.
- Zona de producto terminado: cuenta con un área de 31.80m<sup>2</sup>. Allí se almacenan los barnices en tanques de 1.15m x 1.03m x 1.23m. Éstos se ubican y, una vez son requeridos en el área de publicaciones, se seleccionan en cualquier orden, es decir, cualquier barniz es seleccionable y no hay un criterio para ello por lo que un barniz fabricado con antelación puede permanecer por varios días almacenado.
- Recorrido A: se realiza cada vez que el operario necesita una materia prima líquida como los aceites minerales, aceites vegetales y la resina líquida. Se realiza en 2 fases: la primera al comienzo del proceso 3 veces (para pesar aceite mineral, aceite vegetal y resina líquida) y la segunda al final del proceso 1 vez (para pesar el estructurante). Este recorrido lo debe hacer con el montacargas debido a que las canecas de materia prima pesan alrededor de 220Kg. Tomándose un tiempo por recorrido de 2.90 minutos en promedio.
- Recorrido B: se realiza después de pesar cada materia prima líquida. El operario debe llevar, por medio del montacargas al reactor, la cantidad requerida según las especificaciones de cada referencia de barniz. Lo realiza 4 veces por lote (para llevar aceite mineral, aceite vegetal, resina

liquida y estructurante desde bascula a reactor). Se toma un tiempo por recorrido de 3.15 minutos en promedio.

- Recorrido C: este recorrido se desarrolla exclusivamente en el momento en que el operario tiene que verter la resina sólida al reactor. Se realiza 1 vez por lote (todos los bultos son transportados en montacargas en un solo trayecto) y toma 5.34 minutos aproximadamente.
- Recorrido D: se realiza al finalizar el proceso, luego de filtrar el barniz al tanque de almacenamiento. El operario debe llevar éste hasta la zona de producto terminado y ubicarlo allí. Toma un tiempo de 16.50 minutos aproximadamente y se realiza 1 vez por lote (todo el lote producido se almacena en solo tanque).

La tabla 7 muestra un resumen de los tiempos y recorridos mencionados anteriormente.

**Tabla 7. Análisis de tiempos y recorridos encontrados**

<b>ANÁLISIS DE TIEMPOS Y RECORRIDOS ENCONTRADOS</b>					
<b>Recorrido</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Frecuencia por lote</b>	<b>Lotes por día</b>	<b>Tiempo total (min)</b>
A	Materias primas a la zona de pesaje	2,90	4	5	58
B	Materias primas líquidas a los reactores	3,15	4	5	63
C	Resina sólida a los reactores	5,34	1	5	26,7
D	Almacenamiento del producto final	16,50	1	5	82,5
					<b>230,02</b>

**Nota:** las actividades y recorridos se hacen mientras el proceso está en marcha.

Fuente: elaboración propia

### 8.5.2 Problemas de la distribución encontrada.

#### Estructura física de la planta

- Como muestra la ilustración 3, la planta cuenta con una pared la cual separa totalmente el proceso del almacenamiento de materias primas y producto terminado, haciendo que el recorrido para transportar éstos sea más largo y difícil para el operario.
- Cuenta con muchas paredes y piezas que están siendo inutilizadas.
- El espacio de trabajo es restringido, haciendo difícil el manejo del montacargas y el flujo de trabajo para los operarios.

#### Zona de pesaje

La zona de pesaje se encuentra retirada de las materias primas y del producto terminado, teniendo el operario que realizar muchas idas y vueltas al momento de transportar los elementos.

#### Almacenamiento del producto final

En el espacio disponible actual los operarios descargan el producto en cualquier posición, generando desorden a la hora de seleccionar el producto a utilizar pues se toma cualquiera independientemente de la fecha de fabricación. No existe un método que permita que el operario que recoge estos productos adopte un sistema definido.

#### Proceso

La distribución no presenta una secuencia adecuada que permita realizar las actividades en una forma consecutiva para disminuir tiempos de recorridos y hacer las operaciones más simples para el operario.



## 9. MEDICIÓN DE INDICADORES EN LA SITUACIÓN ENCONTRADA

El proyecto busca reducir los tiempos del proceso de fabricación de barnices, logrando con esto que en un menor período de tiempo se puedan realizar mayor cantidad de lotes. Así pues, con el fin de medir el impacto de los cambios a realizar en el proceso, se hace necesario para el proyecto contar con un indicador de productividad que se calculará como muestra la ecuación 1:

### Ecuación 1. Indicador de productividad planta Tintas S.A Sunchemical

$$Productividad = \frac{TOTAL\ PRODUCCIÓN\ (Kg/mes)}{(Horas/operario \times \# Operarios/dia \times Días/mes)} \times 85\%$$

La productividad se multiplica por un factor del 85%, partiendo de la idea que no todos los kilogramos de producción tienen la calidad requerida (Calidad 2) y que no todo el tiempo de la jornada laboral es invertido en la producción de barniz (capacitación, reuniones, traslados de operario a otras áreas, entre otros); dicho factor fue sugerido por el área de producción de TINTAS S.A.

Si bien elevar la productividad es un aspecto fundamental en la rentabilidad de la empresa, al estar modificando variables del proceso se hace necesario hacer seguimiento a la calidad del producto, con el fin de que esta sea acorde con las políticas de la empresa. Por tal motivo otro de los indicadores a tener en cuenta en el proyecto se define como lo muestra la ecuación 2:

### Ecuación 2. Indicador de calidad planta Tintas S.A Sunchemical

$$Calidad = \frac{\sum lotes\ calidad\ 1A + \sum lotes\ calidad\ 1}{Total\ lotes\ de\ produccion}$$

Donde:

- Lotes calidad 1A: se refiere a los lotes de producción que en su primer muestra cumplen con todas las especificaciones de calidad de la empresa, éstos son aprobados inmediatamente.
- Lotes calidad 1: se refiere a los lotes de producción cuya muestra al ser analizada en el área de calidad, da como resultado que el barniz debe permanecer en el proceso durante 10 minutos - 15 minutos adicionales para su posterior aprobación. (Para el área de calidad son considerados barnices buenos, por ello se suman en la formula de calidad con los barnices 1A).
- Lotes calidad 2: se refiere a los lotes de producción cuya muestra al ser analizada en el área de calidad, da como resultado que el barniz debe ser reprocesado, tomando un tiempo adicional de 30 min, tiempo en el que pueden ser tanto aprobados como rechazados. El reproceso consta de la adición de materia prima según indique el área de calidad.
- Este indicador es medido mensualmente.

Los indicadores anteriormente mencionados fueron medidos en el mes de Junio de 2010. Se tomará este punto como referencia debido a que fue la situación encontrada en la planta de barnices en ese mes, (ver gráfica 3).

Partiendo de la ecuación 1:

$$\text{Productividad} = \frac{67063Kg/mes}{(8horas/operario \times 2 Operarios/dia \times 30dias/mes)} \times 85\%$$

$$\text{Productividad} = 118.75Kg/hora$$

Para el indicador de calidad se usó la tabla 8, la cual muestra los lotes con su respectiva evaluación de calidad en el mes de junio de 2010. De ella se utilizarán

los datos correspondientes a los 4 principales barnices que son los trabajados en este proyecto.

**Tabla 8. Calidad planta de barnices junio 2010**

<b>JUNIO 2010</b>				
	<b>TIPO DE CALIDAD</b>			
<b>Producto</b>	<b>1A</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>Total general</b>
969104	1	1		2
<b>969272</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>7</b>
969277	3			3
969306			1	1
969334				0
969335				0
969336	1			1
969349	2	1		3
969371	1			1
<b>969445</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>20</b>
<b>969446</b>	<b>9</b>	<b>6</b>		<b>16</b>
969465	2		1	3
969466	1			1
969854			2	2
<b>969932</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>16</b>
<b>Total general</b>	<b>40</b>	<b>21</b>	<b>14</b>	<b>76</b>

Fuente: área de calidad Tintas S.A Sunchemical

Partiendo de la ecuación 2:

$$Calidad = \frac{29 (lotes 1A/mes) + 19(lotes 1/mes)}{59 (lotes totales/mes)} \times 100$$

$$Calidad = 81.35\%$$

## **10. MEJORAS IMPLEMENTADAS**

Mencionados los problemas encontrados en la producción de barnices se hace necesario, plantear soluciones que permitan un mejoramiento de la planta, claro está conservando los parámetros de calidad estipulados por la empresa Tintas S.A Sunchemical, y velando por la seguridad de los empleados que en ella operan.

### **10.1 HOMOGENIZACIÓN DE LA RESINA SÓLIDA**

Como se mostró en la tabla 6, el tiempo más extenso en la fabricación de un barniz es el que tarda la resina sólida que se agrega al vehículo en diluirse, este tiempo es aproximadamente de 100 minutos. Durante este periodo no se puede adelantar ninguna otra actividad concerniente a la producción de barniz pues se debe esperar hasta que se apruebe la molienda en el área de calidad (que la resina esté totalmente disuelta).

La resina sólida se almacena en bultos de 25Kg cada uno y consta de granos de entre 2 cm<sup>3</sup> y 3cm<sup>3</sup> en su mayoría, aunque también vienen granos de menor tamaño; una vez realizados los ensayos con el procedimiento encontrado se observó que entre más grandes sean los gránulos de resina que ingresan al reactor, la temperatura de este desciende a mayor escala haciendo más lento el proceso y se requiere de un mayor período de tiempo para retomar la temperatura perdida.

Con el fin de evitar lo anterior y de facilitar la dilución de la resina sólida, se optó por pasar ésta por una tolva la cual posee un triturador de partículas en la parte inferior. Éste procedimiento permitirá reducir el tamaño del gránulo de resina en un

70% para así controlar tanto el tamaño de la partícula como su flujo de salida hacia el reactor.

La tolva implementada posee una capacidad de 300Kg por lo que todos los bultos de resina pueden agregarse a ella (cantidad promedio de resina sólida por lote 285 kg). El orificio de salida de ésta es de 6 pulgadas y el motor tiene un variador de frecuencia que va de 0Hz a 60Hz, éste permite estipular el flujo de entrada de la resina al reactor de entre 0Kg por minuto a 10Kg por minuto. La foto 1 presenta una imagen de la tolva implementada.

**Foto 1. Tolva implementada para la dosificación de resina sólida**



Fuente: elaboración propia

Al obtener un gránulo reducido de resina, y bajo el efecto del rotamix, ésta se diluye más fácilmente en el vehículo. Sin embargo, según el criterio del área de investigación y desarrollo de la empresa, la resina no debe agregarse en polvo

(granos microscópicos) ya que en vez de diluirse se empastaría, haciendo que el tiempo para la obtención de molienda sea mayor. Para asegurar que el triturador no muele en exceso la resina y en común acuerdo con el área de investigación y desarrollo, se definió que un técnico de mantenimiento ajustara el triturador para que dejara el tamaño del grano de resina de entre 0.6 cm<sup>3</sup> y 0.9cm<sup>3</sup>.

La velocidad de adición de la resina al reactor es otro factor a tener en cuenta, pues un flujo alto de resina hacia el reactor, si bien implicaría que el tiempo requerido para agregar toda la resina sea menor, podría aumentar el tiempo que deseamos minimizar, que es en realidad el que transcurre desde que se acaba de agregar resina hasta que se obtiene la molienda (homogenización).

Basados en lo anterior, se hizo necesario realizar una serie de ensayos con el fin de encontrar la combinación óptima de tamaño de gránulo de resina (tamaño autorizado por área de calidad), flujo de salida hacia el reactor, y temperatura ideal para empezar a agregar resina y poder reducir, finalmente, el tiempo de homogenización de la resina sólida.

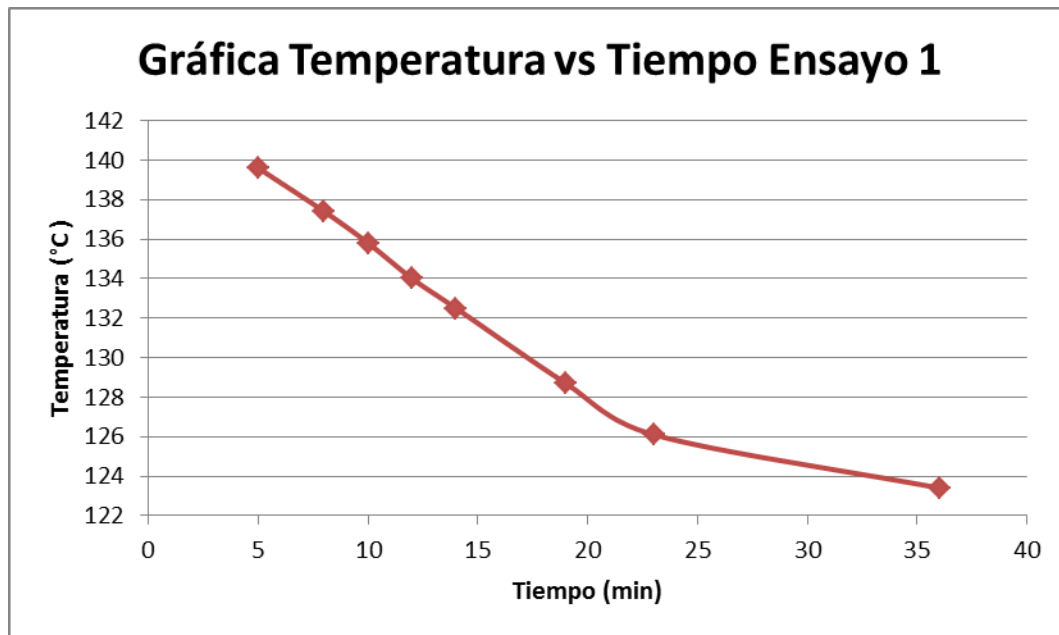
Los ensayos fueron realizados con el apoyo técnico del área de investigación y desarrollo y de operarios experimentados, teniendo en cuenta la modificación de los factores mencionados anteriormente. Todos los ensayos realizados cumplen con los requerimientos de calidad estipulados en la empresa.

#### 10.1.1 Ensayo 1.

Para este ensayo la temperatura del tanque con el vehículo en su interior se elevó a 144°C. A esta temperatura la resina sólida se adicionó al tanque después de ser triturada en la tolva. Los datos obtenidos en este ensayo se pueden apreciar en el anexo B.

La resina, al ser adicionada al reactor a una velocidad alta (49.9Hz), generó que la temperatura al interior del reactor se redujera considerablemente, tal y como se mencionó, aumentando el tiempo del proceso, pues luego tomó más tiempo para que el reactor recuperara la temperatura perdida. La gráfica 8, muestra el caso.

**Gráfica 8. Temperatura vs Tiempo ensayo 1**



Fuente: elaboración propia

En este ensayo se tiene un flujo constante en la adición de la resina pulverizada que se agrega a los 144 °C (ya las resistencias están apagadas a esta temperatura), este flujo genera, como se aprecia en la gráfica 8, que la temperatura vaya descendiendo a una razón aproximada de 0.8°C/min hasta los 123.4°C lo que no es deseado para nuestro proceso, ya que posteriormente se necesitará de más tiempo para obtener molienda (léase que la solución esté correctamente homogenizada), por lo tanto este método no es el adecuado. En la tabla 9 se puede observar, a manera de resumen, los tiempos que demoró el ensayo 1.

**Tabla 9. Resumen ensayo 1**

Ensayo 1					
Fecha:	Septiembre 15 de 2010				
Referencia:	969445				
Descripción	Se realiza ensayo con resina sólida, pulverizada en tolva. Esta trabajará a 49.9Hz, velocidad alta. Se agregan a la tolva un total de 288.8 kg de resina.				
Tiempo inicio (min)	Temperatura (°C )	Actividad	Temp final (°C )	Duración actividad(min)	Tiempo acum (min)
0	Ambiente	Encender resistencias y elevar temperatura	143.5	62	62
62	143.5	Se agrega resina a tanque	123.1	37.17	99.17
99.17	123.1	Agitar y elevar temperatura hasta obtener molienda ok	168	52.83	152

Fuente: elaboración propia

El proceso tardó en total 152 minutos, tiempo tomado desde que se encienden las resistencias hasta que se obtiene molienda. Este tiempo es similar al que tarda el proceso agregando los bultos de resina manualmente por lo que este ensayo no fue concluyente.

#### 10.1.2 Ensayo 2.

En este ensayo se elevó la temperatura del vehículo hasta 115°C. A esta temperatura se agregó resina al reactor a una menor velocidad (32.9 Hz) con respecto al ensayo anterior con el fin de evitar que la temperatura del tanque descendiera. Los datos obtenidos se muestran en el anexo C.

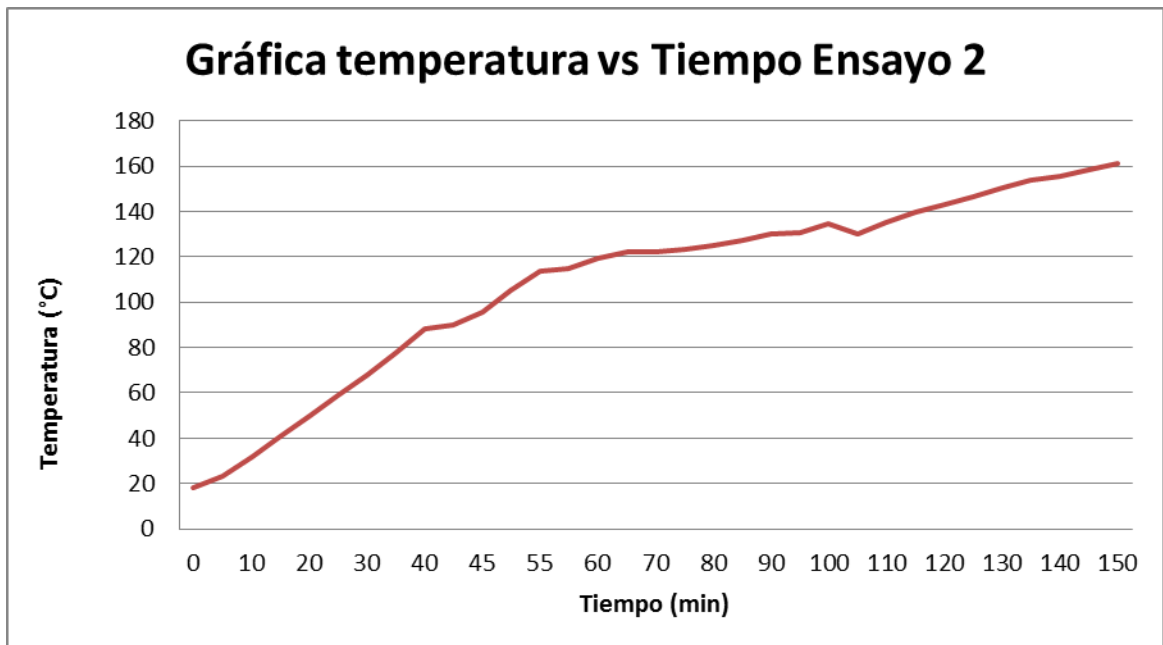
En este ensayo, a medida que caía mayor cantidad de kilogramos de resina, el rotamix no alcanzaba a dispersarla en el vehículo, lo que hizo que la resina que



ingresaba al reactor se aglomerara en la zona de caída formando un pico en el que parte de la resina no entraba en contacto con la solución. Lo anterior trae como consecuencia un aumento en el tiempo de homogenización pues obliga a que se usen otras herramientas para esparcir la resina en el recipiente. Además de generar paros en la adición de resina triturada de aproximadamente 9 minutos, mientras se esparcía el material acumulado. Lo anterior lleva a considerar el movimiento del rotamix, pues éste debería elevarse periódicamente, para hacer un barrido completo del material que se adiciona.

En la gráfica 9 se evidencia que hay momentos en los que el sistema pierde temperatura ya que ingresa demasiada resina haciendo este método poco deseable y pues sería necesario más tiempo para recuperar la temperatura perdida.

**Gráfica 9. Temperatura vs Tiempo ensayo 2**



Fuente: elaboración propia

En términos generales este ensayo requirió el mismo tiempo que el anterior. El tiempo invertido en suministrar la resina al tanque fue de 49 minutos, superior al ensayo 1, pues en un momento dado la resina se estaba acumulando en el interior del tanque en una sola zona sin tener contacto con el vehículo. En síntesis no se estaba homogenizando lo que obligó a suspender momentáneamente el ingreso de la resina triturada al tanque, aumentando así el tiempo para obtener molienda. La tabla 10 muestra un resumen de los tiempos del ensayo 2.

**Tabla 10. Resumen de ensayo 2**

Ensayo 2					
Fecha:	Septiembre 27 2010				
Referencia:	969445				
Descripción:	Se agrega resina pulverizada (280 kg) a través de tolva a los 115°C a velocidad media (32.9Hz)				
Tiempo inicio (min)	Temperatura (°C)	Actividad	Temperatura final (°C)	Tiempo duración (min)	Tiempo acum (min)
0	18	Se enciende resistencias y rotamix, para elevar temperatura	115	56	56
56	115	Se agrega resina a través de tolva	130	49	105
105	130	Elevar temperatura hasta obtener molienda	161.2	45	150

Fuente: elaboración propia

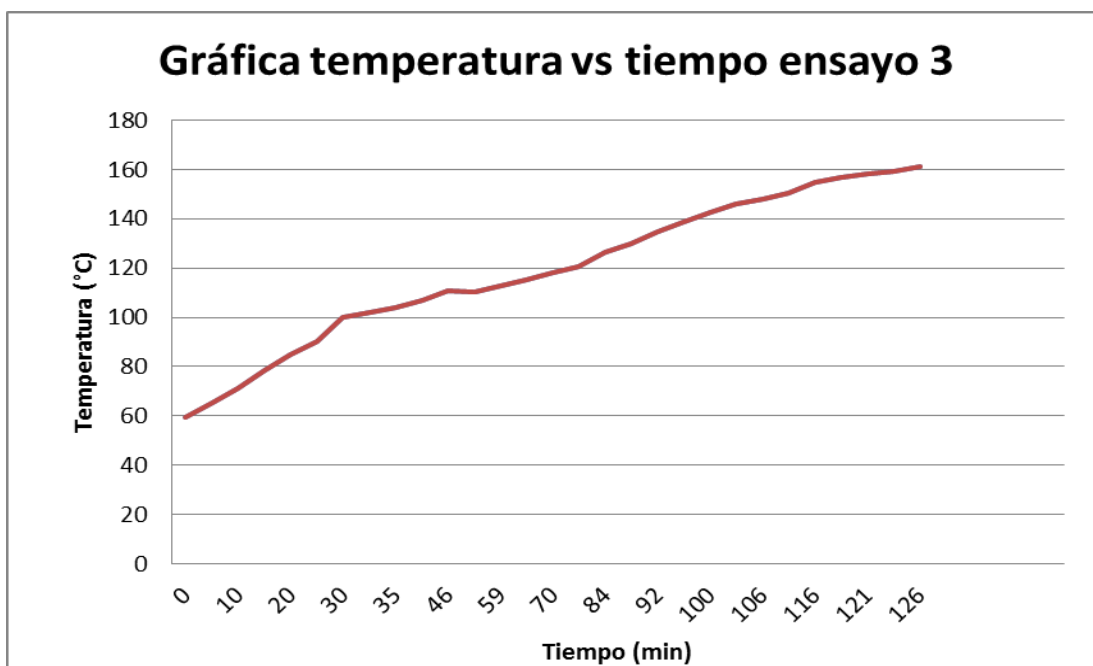
### 10.1.3 Ensayo 3.

En la búsqueda de una mejor combinación de las variables se realizó un ensayo con el vehículo preparado desde el día anterior; el operario deja preparada, dentro del reactor, la mezcla de la resina líquida y los aceites con el fin de aprovechar el

calor que éste tenga de los barnices fabricados ese día. Los datos tomados de dicho ensayo se observan en el anexo D.

En este ensayo la resina triturada se empezó a agregar a los 102°C, a alta velocidad (50.9Hz) y la temperatura siempre presentaba tendencia a crecer. Si bien cuando se agrega resina su crecimiento no es tan alto, igual sigue en aumento lentamente lo que ayuda a disminuir el tiempo de homogenización. Esto se puede apreciar en la gráfica 10, que se muestra a continuación.

**Gráfica 10. Temperatura vs tiempo ensayo 3**



Fuente: elaboración propia

En este método es clave aprovechar la temperatura inicial del vehículo, la cual permanece en 59.2°C desde el día anterior (esta temperatura varía dependiendo

de hace cuanto se cargo el reactor y de la temperatura ambiente), cuando se hizo el montaje de la solución, ahorrando así el tiempo requerido para elevar la temperatura desde temperatura ambiente. Así mismo, el tiempo que se tarda en agregar la resina sólida es de 44.82 minutos, 5 minutos menor en comparación con el ensayo 2, ya que en este caso se hizo a una mayor velocidad, controlando claro está que no descienda la temperatura. La tabla 11 muestra un resumen del ensayo 3.

**Tabla 11. Resumen de ensayo 3**

Ensayo 3					
Fecha:	Septiembre 29 de 2010				
Referencia:	969445				
Descripción:	Se agregan 284Kg de resina pulverizada a través tolva, a alta velocidad (a una frecuencia de 50.9Hz)				
Tiempo inicio(min)	Temp inicial (°C)	Actividad	Temp final (°C)	Tiempo duración (min)	Tiempo acum (min)
0	59.2	Prender resistencias rotamix y elevar temperatura a 102 C para agregar resina	102	31.18	31.18
59.2	102.1	Agregar resina pulverizada a través de tolva	120.7	44.82	76
76	120.7	Elevar temperatura hasta obtener molienda	158	45	121

Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar en la anterior tabla, con este método el tiempo se reduce en media hora aproximadamente, respecto a los demás ensayos, tomando un tiempo de 121 minutos.

## 10.2 ANÁLISIS DE RESISTENCIAS

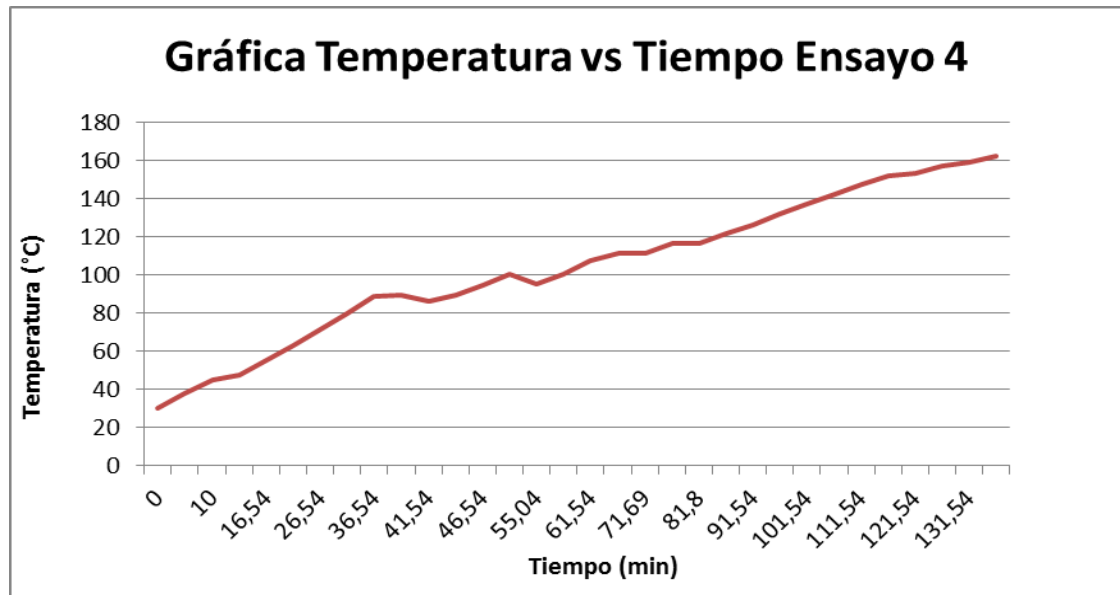
En proceso de fabricación de barniz encontrado, las resistencias que están ubicadas en la base del tanque estaban programadas para que se apagaran cuando se alcanzan 130°C de temperatura. Dentro de las modificaciones sugeridas, y, ante la inminente necesidad que tiene el proceso de recibir la mayor cantidad de calor posible para diluir la resina, se planteó que las resistencias se apagaran a los 150°C (es la temperatura máxima de las resistencias por diseño).

Con esto se busca que la resina al interior del reactor esté sometida el mayor tiempo posible a los efectos del calor de las resistencias y el efecto de fricción del rotamix, permitiendo así que se diluya más rápidamente. En el anexo E se observan los datos obtenidos del ensayo 4, apagando resistencias a 150°C.

### 10.2.1 Ensayo 4.

Teniendo en cuenta que este ensayo fue realizado con el método inicial (agregando bultos de resina manualmente) se observa que hay momentos en los que la temperatura desciende – ver gráfica 11 - y tarda en promedio 7 minutos en recuperar el nivel que tenía antes de descender. Esto se puede apreciar en el anexo E. Este factor se evitará usando la tolva y controlando el ingreso de la resina. Sin embargo, en este ensayo lo importante es verificar que se reduzca el tiempo que tarda la solución en dar molienda ya que es lo que en este caso se espera modificar al incrementar la temperatura de apagado de las resistencias.

**Gráfica 11. Temperatura vs tiempo ensayo 4 (resistencias 150°C)**



Fuente: elaboración propia

En este ensayo, con las resistencias acompañando al rotamix un mayor período de tiempo en el calentamiento de la solución, el tiempo de espera para que la solución se homogenice, es de 60 minutos aproximadamente, contra 69 minutos en el otro método (apagado de resistencias a 130°C). Lo anterior hace necesario cambiar la temperatura de apagado de las resistencias a 150°C como una medida para mejorar el tiempo de homogenización de la solución. Este hecho se puede apreciar en la tabla 12 que muestra un resumen del ensayo 4.

**Tabla 12. Resumen ensayo 4**

Ensayo 4						
Fecha:	Octubre 7 de 2010					
Referencia:	969445					
Descripción:	Se realiza el proceso antiguo, elevando la temperatura de apagado de las resistencias a 150°C. El reactor amaneció cargado. Se agregarán 284.44Kg de resina.					
Tiempo inicial (min)	Temperatura (°C)	Actividad	Temp final (°C)	Delta temp (°C)	Tiempo duración (min)	Tiempo acum (min)
0	30.2	Se enciende rotamix y resistencias	89.7		37.72	37.72
37.72	89.7	Se agregan 3 bultos resina	84	-5.7	x	
50.04	100.5	Se agregan 3 bultos resina	95.4	-5.1	x	
63.84	111.6	Se agregan 3 bultos resina	107.5	-4.1	x	
75.79	116.7	Se agrega resina restante	114.1	-2.6	38.07	75.79
75.79	114.1	Elevar temp hasta obtener molienda	162.5	48.4	60.75	136.54

Fuente: elaboración propia

Del anterior ensayo, se puede extraer una información importante que relaciona de manera aproximada el incremento en la temperatura con respecto al elemento que aporta calor y/o fricción, bien sea con resistencias, con rotamix o ambos. Obsérvese en la tabla 13.

**Tabla 13. Tabla resumen variación de temperatura**

Etapa	Delta temperatura
Rotamix y resistencias sin resina	1.61°C/min
Rotamix y resistencias con resina	1.03°C/min
Rotamix solo con resina	0.61°C/min

Fuente: elaboración propia

Para la elaboración de la anterior tabla, se asume que el proceso es lineal con el fin de tener una idea general del comportamiento de éste - según el elemento que brinda energía al proceso- (notas de clase materia control 2). Cuando se prenden rotamix y resistencias, sólo con el vehículo, cada período de tiempo en el que se toma el delta de temperatura incrementa en mayor medida que en el período inmediatamente anterior. Sin embargo se toma un promedio del incremento para marcar una tendencia (ver anexo E).

Del cuadro anterior se puede concluir que, cuando el reactor tiene en funcionamiento tanto el rotamix como las resistencias con la resina diluida, la temperatura aumenta un 41% más rápido logrando con esto que la resina pueda diluirse en menos tiempo.

Al elevar la temperatura de apagado de las resistencias, y como se evidenció anteriormente, el reactor eleva su temperatura más rápidamente. Por lo tanto, es necesario controlar -apagando las resistencias si es necesario- que la temperatura no exceda los 170°C por mas de 5 minutos (según criterio del área de calidad) y así evitar que el vehículo se empiece a quemar.



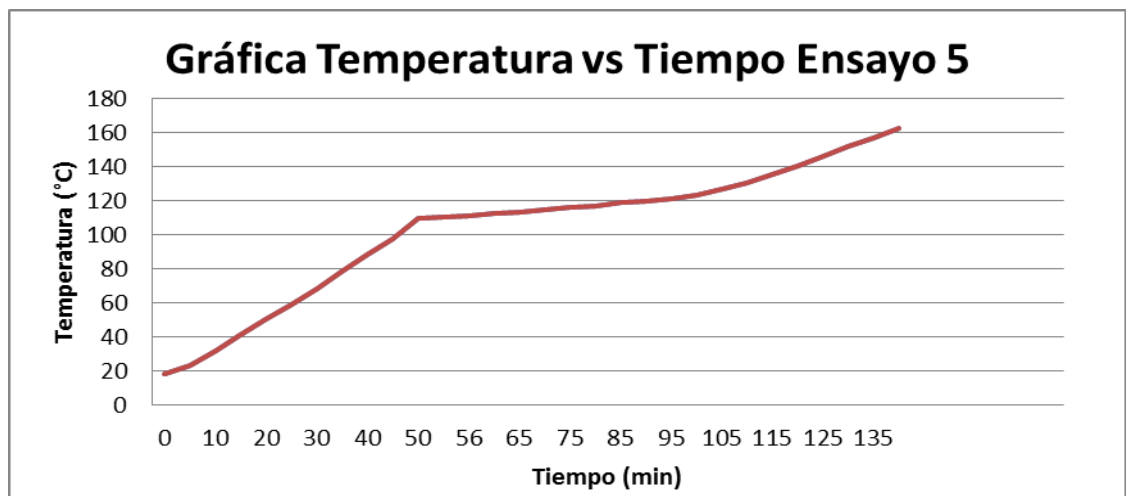
### 10.3 PROCEDIMIENTO IMPLEMENTADO

Las características analizadas en los anteriores ensayos permitieron el diseño y ejecución del ensayo final, que es el que arrojó el menor tiempo de fabricación (homogenización) y el cual se presenta en el anexo F. En este ensayo la resina se agregó a alta velocidad (50.9 Hz) a través de la tolva, se elevó la temperatura de apagado de las resistencias a 150°C y la resina sólida se comenzó a agregar a los 110°C.

#### 10.3.1 Ensayo 5.

En este ensayo, la temperatura al interior del tanque en ningún momento desciende, factor que favorece la homogenización de la solución. Así mismo, se puede apreciar que, por obvias razones, el incremento en temperatura es menor una vez se ingresa la resina al reactor; sin embargo esta sigue creciendo, es decir continua con una pendiente positiva, lo que refleja que se evita la pérdida de temperatura. Lo anterior se puede observar en la gráfica 12.

**Gráfica 12. Temperatura vs Tiempo ensayo 5**



Fuente: elaboración propia

En términos generales, en este ensayo se obtiene como resultado un tiempo total de 134.2 minutos, 16.54 minutos menos que el proceso que se realizaba anteriormente y se evita que la solución llegue a temperaturas superiores a los 170°C, que es lo que se desea. A continuación en la tabla 14 se presenta un resumen del ensayo 5, donde se puede apreciar lo anteriormente mencionado con más claridad.

**Tabla 14. Resumen ensayo 5**

Ensayo 5					
Fecha:	Noviembre 15 de 2010				
Referencia:	969445				
Descripción:	Se agregan 284 kg de resina pulverizada a través tolva, a alta velocidad (a una frecuencia de 50.9Hz)				
Tiempo inicio	Temperatura inicial(°C)	Actividad	Temperatura final(°C)	Tiempo duración (min)	Tiempo acum (min)
0	18	Prender resistencias rotamix y elevar temperatura a 110 C para agregar resina	110	50,02	50,02
50,02	110	Agregar resina pulverizada a través de tolva	121,1	44,13	94,15
94,15	121,1	Elevar temperatura hasta obtener molienda	157	40	<b>134,2</b>

Fuente: elaboración propia

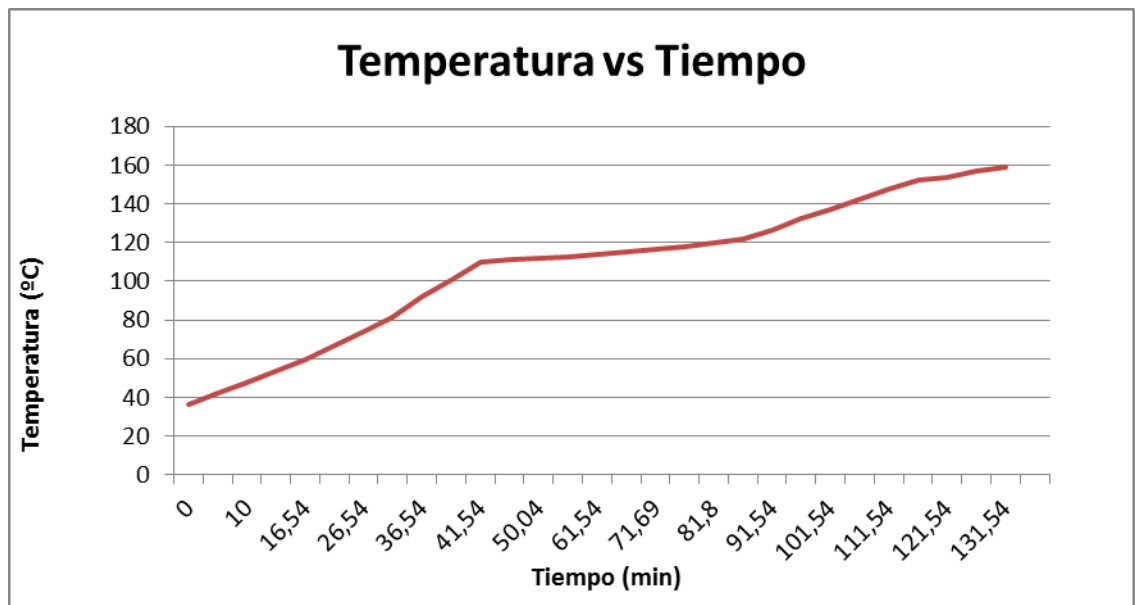
Las condiciones del ensayo 5 (velocidad, temperatura de ingreso de resina), en vista de que arrojaron el tiempo más reducido, fueron utilizadas para un siguiente ensayo en el cual se dejó cargado el reactor desde el día anterior con la materia prima requerida. Los datos de este ensayo se pueden apreciar en el anexo G y se denominó ensayo 6.

### 10.3.2 Ensayo 6.

Este ensayo constituye una variación del ensayo 5, que fue el que arrojó el menor tiempo de proceso. Fue realizado con el fin de aprovechar el calor que el reactor había acumulado de procesos previos llevados a cabo el día anterior y, además, adelantar el proceso de pesaje.

Durante este ensayo, tal y como pasó en el ensayo anterior, la temperatura no desciende, simplemente se llega a un punto a partir del cual la temperatura asciende con menor rapidez, como se aprecia en la gráfica 13.

**Gráfica 13. Temperatura vs Tiempo ensayo 6**



Fuente: elaboración propia

Este ensayo presenta una mejora respecto al inmediatamente anterior, al iniciar el proceso el reactor ya tiene una temperatura de 36°C que corresponde al calor acumulado en la solución desde el día anterior. Con esto se evita tener que elevar

la temperatura desde la temperatura ambiente hasta los 110°C, ahorrando 9 minutos aproximadamente (dependiendo de la temperatura ambiente a la que se encuentre). Esto se resume en la tabla 15.

**Tabla 15. Resumen ensayo 6**

Ensayo 6					
Fecha:	Diciembre 1 de 2010				
Referencia:	969445				
Descripción:	Se realiza el proceso nuevo, elevando la temperatura de apagado de las resistencias a 150°C. El reactor amaneció cargado. Se agregarán 284.44 Kg de resina.				
Tiempo inicial (Min)	Temp inicial(°C)	Actividad	Temp final(°C)	Tiempo duración (Min)	Tiempo acum (Min)
0	36	Se enciende rotamix y resist	110	41.54	41.54
41.54	110	Se agrega resina a través tolva	122	43	84.54
84	122	Elevar temperatura hasta obtener molienda	155	41.04	125.58

Fuente: elaboración propia

Como se aprecia en la tabla 15, el reactor amaneció a una temperatura de 36°C ahorrando 8.62 minutos respecto al ensayo 5, en el que el tanque estaba a temperatura ambiente al iniciar el proceso. De esta forma se genera en total una reducción de 25.16 minutos respecto al método encontrado.

En conclusión, para la empresa es más conveniente dejar cargados los reactores desde el día anterior porque de esta manera los reactores pueden conservar parte del calor al que fueron sometidos en procesos previos. Es necesario resaltar que, por factores climáticos y según la hora a la que hayan sido cargados, los reactores pueden amanecer a una temperatura que oscila desde los 30°C hasta los 50°C.

## 10.4 PESAJE

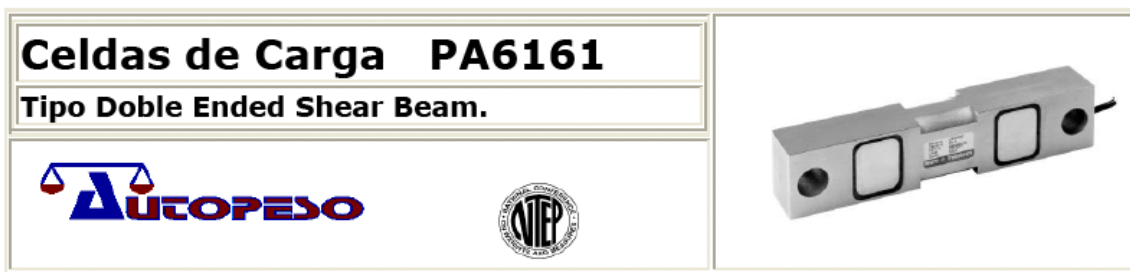
Como se evidenció en la situación encontrada en el área de pesaje, ésta actividad tomaba, al comenzar este proyecto 31 minutos aproximadamente. Con el fin de reducir este tiempo que se relaciona directamente con el tiempo total de producción de un lote de barniz, se planteó la utilización de celdas de carga en cada uno de los reactores, posibilitando que el pesaje se redujera, pasando de realizar 4 actividades de pesaje en la báscula a 1 actividad de pesaje, las otras 3 materias primas, con la implementación de las celdas de carga, serán pesadas directamente en los reactores al momento de verter el producto allí. Esto se explica a continuación.

La implementación de los siguientes sistemas de control estuvo a cargo de la empresa Autopeso, proveedor que ha trabajado durante varios años con la compañía Tintas S.A Sunchemical.

### 10.4.1 Celdas de carga.

Los módulos de peso permiten convertir un tanque o cualquier otra estructura en una báscula. Están diseñados para las aplicaciones estáticas tales como tanques, tolvas, mezcladoras y otras naves usadas para llenar, dosificar o mezclar ingredientes. Estos módulos de peso pueden también ser usados para convertir básculas mecánicas para el pesaje electrónico. La ilustración 4 presenta una imagen de la celda de carga.

#### Ilustración 4. Celdas de carga



Fuente: Autopeso

#### Características

- Los gatos de tornillo le permiten el fácil acceso a las celdas de carga.
- Los diseños de plato superior le permiten la expansión y la contracción térmica.
- Celdas de carga de acero inoxidable herméticamente selladas.
- Cojinetes de aislamiento opcionales para reducir la vibración, los choques y los efectos térmicos.
- Con capacidad hasta de 2500Kg.

#### 10.4.2 Indicador de peso.

Es la pantalla en la que se registra el peso medido, la ilustración 5 muestra una imagen del indicador usado.

#### Ilustración 5. Indicadores de peso



Fuente: Autopeso

### Características

- Construido en acero inoxidable.
- Dos puertos seriales RS – 232.
- Conversión de bruto – tara – neto.
- Display LED fluorescente de alta visibilidad.
- Apagado automático del sistema.

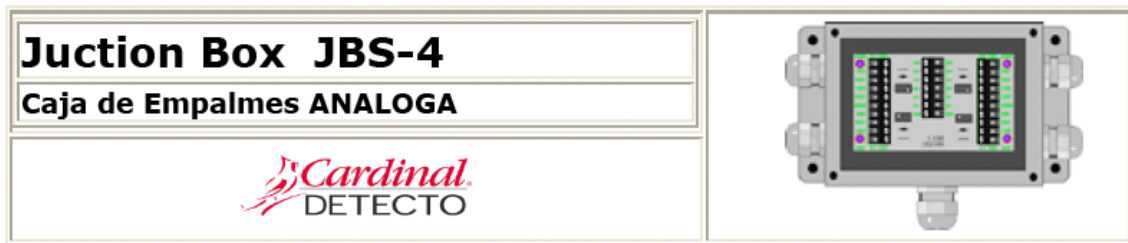
#### 10.4.3 Caja de juntas.

### Características

- Construido en acero inoxidable.
- Sistema de conectores rápidos para la facilidad de conexión y desconexión, facilitando la labor de mantenimiento post-venta.
- Sistema para ajuste individual por celda, el cual garantiza la confiabilidad en la medición de cada una de sus secciones.

La ilustración 6 representa una imagen de la caja de juntas.

#### Ilustración 6. Caja de juntas



Fuente: Autopeso

#### 10.4.4 Kit de herrajes.

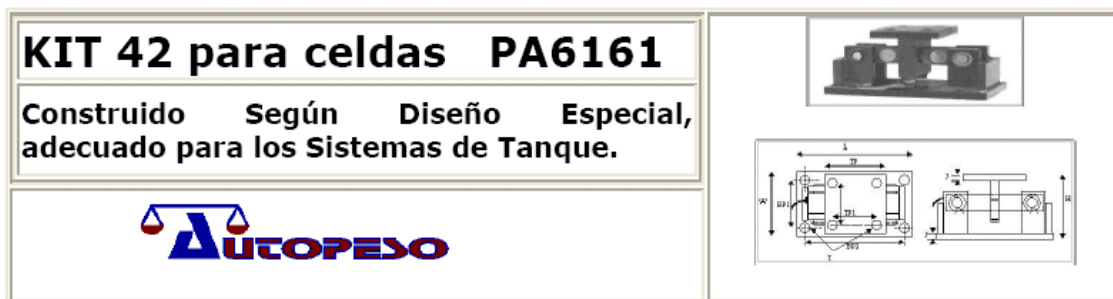
### Características

- Construido en acero.
- Sistema de anclaje a tierra.

- Incluye todos los accesorios necesarios para el montaje.

La ilustración 7 muestra un plano del kit mencionado.

**Ilustración 7. Kit de herrajes**



Fuente: Autopeso

Por políticas de la empresa TINTAS S.A Sunchemical, el costo de los siguientes elementos no fue autorizado para presentar en este proyecto. Sin embargo la factibilidad del proyecto fue analizada y autorizada financieramente por la gerencia de producción.

A continuación, en la tabla 16, se hará un resumen con la cantidad total de ítems adquiridos por producto, utilizados en la implementación de las celdas de carga en la planta de barnices de Tintas S.A Sunchemical. Se debe tener en cuenta que se efectuó esta instalación en 2 de los 3 reactores disponibles ya que el último no ha sido montado en su totalidad; sin embargo las celdas de carga necesarias para éste ya han sido compradas.



**Tabla 16. Resumen compras para control de subproceso de pesaje**

<b>ITEM</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>
Celdas de Carga	9	3 por reactor
Indicador de Peso	3	1 por reactor
Caja de Juntas	3	1 por reactor
Kit de Herrajes	9	3 por reactor

Fuente: elaboración propia

Con la implementación de las celdas de carga y sus respectivos componentes, el tiempo del subproceso de pesaje se ha reducido de 30.82 minutos a 20.33 minutos por lote; logrando un ahorro de 10.49 minutos. Esto debido a que se eliminó la tarea de pasar la materia prima a otra caneca para pesarla y de allí verterla en el reactor. En la tabla 17 se observa la duración promedio de cada actividad en el subproceso de pesaje, una vez implementadas las celdas de carga.

**Tabla 17. Medición subproceso de pesaje implementando celdas de carga**

Actividad	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)
Cargar caneca con aceite mineral y transportarla a reactor	2.84	2.84
Verter aceite mineral, pesar cantidad requerida en reactor	1.30	4.14
Transportar caneca con aceite mineral y descargarla en zona de materia prima	2.52	6.66
Cargar caneca con aceite vegetal y transportarla al reactor	2.91	9.57
Verter aceite vegetal, pesar cantidad requerida en reactor	1.40	10.97
Transportar caneca con aceite vegetal y descargarla en zona de materia prima	2.47	13.44
Cargar caneca con resina alquídica y transportarla al reactor	2.81	16.25
Verter resina alquídica, pesar cantidad requerida en reactor	1.70	17.95
Transportar caneca con resina alquídica y descargarla en zona de materia prima	2.38	20.33

Fuente: elaboración propia

## 10.5 REACTOR

Como se manifestó con anterioridad, la empresa Tintas S.A Sunchemical contaba con dos reactores para la fabricación de barniz, cada uno de ellos con una capacidad de 800 Kg/lote. En vista de que se realizó una nueva distribución de la planta y que esta nueva disposición permite el montaje de un nuevo reactor y, teniendo en cuenta las necesidades de producción de la empresa de cara al futuro (1968 toneladas para el año próximo, 684 toneladas adicionales), se planteó

durante este proyecto la futura instalación de un tercer reactor con una capacidad de 1000 Kg por lote, el cual tendrá como uso principal suplir la demanda de comercialización de barniz (20 toneladas mensuales, proyección inicial dada por área comercial) y complementar la demanda interna de barniz en caso de se requiera.

El reactor se encontraba almacenado en las instalaciones de la planta de Cali de Tintas S.A Sunchemical. Éste no estaba siendo utilizado, motivo por el cual se tomó la decisión de traerlo a la planta de Medellín para su futuro montaje en esta planta, lo que hizo que su adquisición no representara costos considerables para la empresa. Toda la redistribución de la planta se hizo incluyendo el nuevo reactor, cuyo montaje estará a cargo del área de mantenimiento y se puede observar en la foto 2.

**Foto 2. Nuevo reactor a instalar**



Fuente: elaboración propia

Una vez este reactor sea instalado en la planta es necesario realizar ajustes en los turnos y número de operarios del área, bien sea tener un solo turno con dos

operarios o manejar un turno con un operario y medio, según se presenten las necesidades de producción.

El reactor tiene una capacidad de 1000 kg por lote, y, a diferencia de los dos que ya estaban en funcionamiento; además del rotamix, posee un sistema de agitación adicional tipo ancla que al girar complementa la homogenización de la solución. Tiene una capacidad de 490 litros de aceite térmico lo que permite mantener la temperatura de la solución. Ver anexo H.

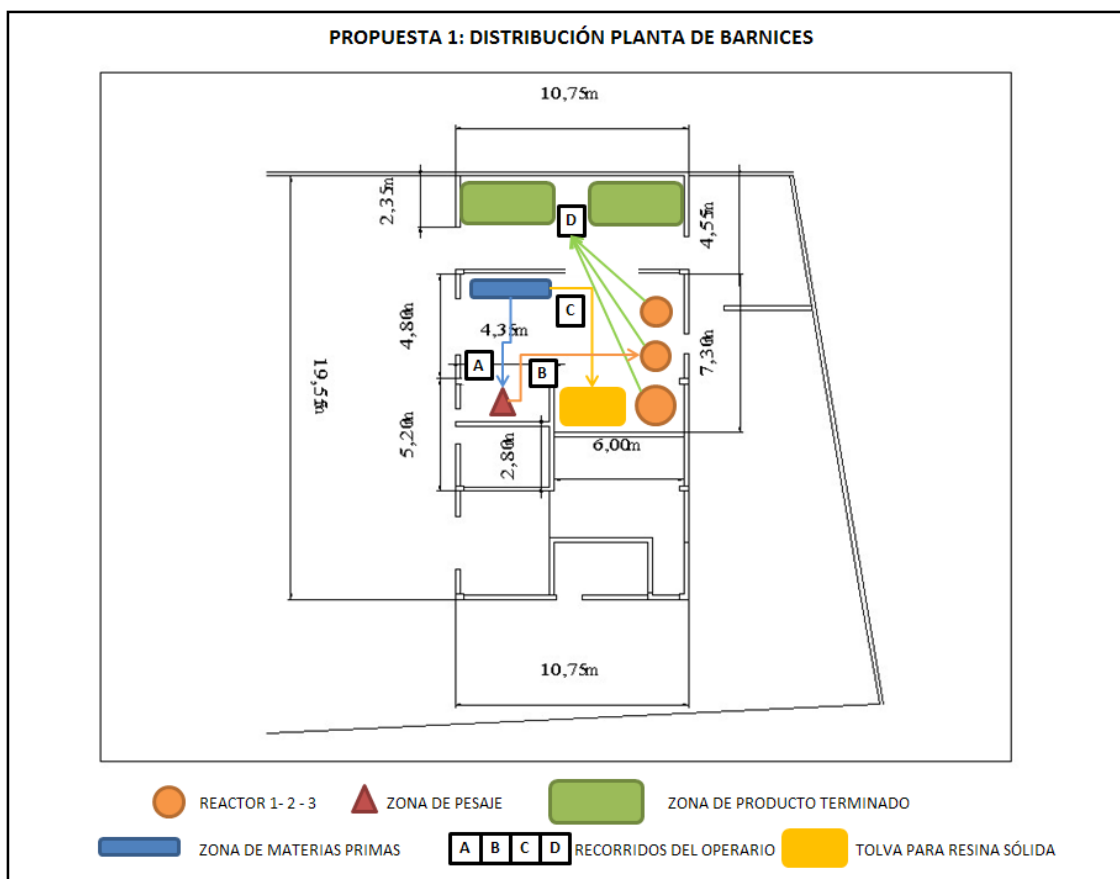
Las mayores ventajas del rotamix complementado con el ancla radican en que se ejerce un buen barrido del material, rompe fácilmente los aglomerados y es muy útil en el mezclado sólido-líquido, que es lo que aplica en el caso de la resina y el vehículo. Es un reactor discontinuo que trabaja por cargas, es decir, se introduce una alimentación y se espera un tiempo determinado para la homogenización de las diferentes materias primas que reaccionan en su interior, tiempo tras el cual se retira la solución. El material de fabricación, en su mayoría, es acero inoxidable para evitar la contaminación del producto. Además posee tres soportes en acero que le brindan estabilidad y sujeción al piso.

Con este reactor, el proceso de fabricación del barniz sería más rápido, pues el efecto del ancla más el efecto del rotamix generan una mayor turbulencia al interior del tanque lo que se relaciona inversamente con el tiempo de homogenización de la solución; permitiendo así la reducción de dicho tiempo. Se estima que para este proceso el tiempo de producción por lote de 1000Kg de barniz sea de 250 minutos en promedio.

## 10.6 REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA

La distribución que se implementó en la planta de barnices, después de realizar los respectivos análisis y con el fin de mejorar los tiempos de proceso, se muestra en la ilustración 8.

**Ilustración 8. Redistribución planta de barnices**



Fuente: elaboración propia

### 10.6.1 Descripción de la distribución de planta implementada.

Zona de pesaje: esta zona cuenta con un área de 10.87m<sup>2</sup>; allí está ubicada una báscula con una capacidad máxima de 50Kg. En esta se realiza el pesaje de una materia prima al final del proceso la cual complementa la composición del barniz,

esta materia prima se pesa en una báscula con mayor precisión y menor rango (de 0Kg a 50Kg) para eliminar la variación. Únicamente es una materia prima la que se pesará en el área ya que los aceites minerales, aceites vegetales y la resina líquida se verterán directamente a los reactores con el control de las celdas de carga.

Zona de materias primas: esta zona cuenta con un área de 8.70m<sup>2</sup>. Allí se almacenan todas las materias primas que se utilizarán en el turno de producción.

Zona de producto terminado: tiene un área de 25.26m<sup>2</sup>. Allí se almacenan los barnices en unos tanques de 1.15m x 1.03m x 1.23m. Estos se deben organizar de forma FIFO (el primer tanque de barniz de una referencia en entrar es el que primero se debe retirar en el momento en que la planta de publicaciones lo necesite).

Zona de tolva de resina sólida: cuenta con un área de 6.00m<sup>2</sup> y se utiliza para triturar y vaciar las resinas sólidas que requieren los barnices en los reactores.

Zona de reactores 1-2-3: cuenta con un área de 22.00 m<sup>2</sup>; allí se realiza todo el proceso de producción. Dispone de 2 reactores de 800kg por lote de capacidad y 1 de 1000kg por lote de capacidad.

- Recorrido A: se realiza una vez por lote, al finalizar cada proceso de producción de barniz, para el pesaje de un aceite que termina de darle la composición necesaria al producto (estructurante). Este recorrido se debe realizar con el montacargas debido a que las canecas de materia prima pesan alrededor de 220Kg, tomándose un tiempo por recorrido de 1.55 minutos en promedio.

- Recorrido B: se realiza 3 veces por lote debido a que cada barniz requiere 3 materias primas líquidas (desde la zona de materias primas hacia reactor). Se toma un tiempo por recorrido de 2.64 minutos en promedio.
- Recorrido C: se realiza exclusivamente en el momento en que el operario tiene que verter la resina sólida en la tolva, se hace 1 vez por lote y toma 5.27 minutos aproximadamente.
- Recorrido D: se realiza al finalizar el proceso, luego de filtrar el barniz en el tanque de almacenamiento. El operario debe llevarlo hasta la zona de producto terminado y ubicarlo según la forma FIFO (primero en entrar, primero en salir) para no tener problemas en la secuencia de los lotes de producción. Toma un tiempo de 11.58 minutos aproximadamente y se realiza 1 vez por lote.

La tabla 18 corresponde a un resumen de los tiempos y recorridos que se deben realizar según la distribución de planta implementada.

**Tabla 18. Análisis tiempos y recorridos de la redistribución de planta**

<b>ANÁLISIS DE TIEMPOS Y RECORRIDOS</b>					
<b>Recorrido</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tiempo (Min.)</b>	<b>Frecuencia por Lote</b>	<b>Lotes por Día</b>	<b>Tiempo Total (Min.)</b>
A	Materias primas a la zona de pesaje	1,55	1	5	7,75
B	Materias primas líquidas a los reactores	2,64	4	5	52,8
C	Resina sólida a la tolva	5,27	1	5	26,35
D	Almacenamiento del producto final	11,58	1	5	57,9
					<b>144,8</b>

Fuente: elaboración propia

#### 10.6.2 Análisis de la distribución de planta implementada.

Se trasladó la zona de pesaje para un lugar más cercano de las materias primas reduciendo el tiempo del recorrido total A de 58 minutos a 7.75 minutos, respecto a la distribución anterior; teniendo una reducción de 50.25 minutos. Esto se debe a que únicamente es necesario pesar en la báscula una materia prima por lote porque los aceites minerales y vegetales y la resina líquida son vertidas directamente a los reactores, reduciendo igualmente el recorrido B en 10.2 minutos.

La reducción del área de materias primas en 4.35 m<sup>2</sup> da la posibilidad de tener más espacio en la planta de barnices. La reducción se presenta debido a que las materias primas mencionadas son vertidas directamente en los reactores.

La zona de producto terminado tiene una disposición mejorada que permite mayor facilidad de acceso del montacargas y facilita el almacenamiento FIFO de los lotes de producción (primero en entrar, primero en salir) lo que evita que barnices fabricados con anterioridad permanezcan por mucho tiempo sin utilizar. Además se logra almacenar a doble altura, teniendo así mayor capacidad de almacenamiento de producto terminado. Se redujo el tiempo del recorrido D en 24.6 minutos.

Se presenta una nueva zona, la de tolva de resinas sólidas. Esto permite pasar de una actividad manual de distribución de la resina en los reactores a un proceso en el que esta materia prima es vaciada en la tolva y se lleva a los reactores. Se reduce el recorrido C en 0.35 minutos.



- La zona de los reactores cuenta con el espacio disponible para un tercer reactor de capacidad de 1000kg por lote, lo que permitirá mayor producción y disminución de los turnos laborales en un futuro.
- La planta tiene una secuencia ordenada de producción lo que disminuye los tiempos en los recorridos.
- Los tiempos totales de las operaciones y recorridos realizados en la planta de producción se reducen de 230.02 minutos a 144.8 minutos, generando un ahorro de 85.22 minutos por día.

Dentro de los beneficios que trae la reducción de tiempos comentada esta la posibilidad de que el operario al contar con mas tiempo disponible puede dedicarse a la organización de la planta, así como a la preparación de lotes de producción en los otros tanques.

#### 10.6.3 Requerimientos de la nueva distribución de planta.

Las siguientes actividades fueron realizadas por el área de mantenimiento, el área de producción y proveedores de Tintas S.A Sunchemical, con el fin de poner en funcionamiento la nueva distribución de la planta:

- Civil: se realizó demolición de muros en mampostería, levantamiento de baldosas, arreglo de pisos y construcción de un mezanini para la ubicación de la tolva de resinas sólidas.
- Producción: se compró un nuevo extractor de gases, se instalo una viga para el soporte del rotamix de cada reactor y se compró aceite térmico para el funcionamiento de los reactores.

- Eléctrica: se trasladó la acometida para que el reactor nuevo tenga el suministro de energía que requiere para su funcionamiento, ya que la capacidad eléctrica del área ya estaba asignada para los reactores existentes.

Por políticas de la empresa Tintas S.A Sunchemical, los costos de las actividades y dispositivos mencionados en las mejoras implementadas no fueron autorizados para presentar en este proyecto. Sin embargo la factibilidad del proyecto fue analizada y autorizada financieramente por la gerencia de producción.

## 11. RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos en cada uno de los procesos en los que se realizaron mejoras. Finalmente, a través de las cartas de proceso, se mostrarán los resultados del proceso en general.

### 11.1 PROCESO DE HOMOGENIZACIÓN DE LA RESINA

El proceso de fabricación que se definió en este proyecto dio como resultado los datos representados en la tabla 19, que se muestra a continuación.

**Tabla 19. Proceso de fabricación final**

Actividad	Tiempo duración	Tiempo acumulado
Prender resistencias rotamix y elevar temperatura a 110 C para agregar resina.	50,02	50,02
Agregar resina pulverizada a través de tolva	44,13	94,15
Elevar temperatura hasta obtener molienda	40	<b>134,2</b>

Fuente: elaboración propia

Como resultado se observa en la tabla 19 un tiempo total de 134.2 minutos, 16.8 minutos menos que el proceso que se realizaba anteriormente que era de 151 minutos, es decir un 11.13% menos.

## 11.2 PESAJE

El subproceso de pesaje se redujo de 30.82 minutos a 20.33 minutos, generando una ganancia en tiempo de esta tarea de 10.49 minutos, lo que representa una reducción del 34.04% respecto a la situación encontrada en la planta. La tabla 20 muestra más detalladamente esta información.

**Tabla 20. Resumen nuevo subproceso de pesaje**

Actividad	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)
Cargar canecas con materia prima y transportarlas al reactor	8.56	8.56
Verter materias primas, pesar cantidad requerida en reactor	4.40	12.96
Transportar canecas con materia prima y descargarlas en zona de materia prima	7.37	<b>20.33</b>

Fuente: elaboración propia

## 11.3 REACTOR

Con este nuevo reactor la capacidad de producción de la planta de barnices aumentaría en 1.92 lotes por día, lo cual equivale a 1920 Kg de barniz en el mismo periodo de tiempo. En la tabla 21 se puede apreciar una proyección de la producción que aportará este reactor anualmente.

**Tabla 21. Capacidad de producción nuevo reactor**

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN REACTOR NUEVO								
Capacidad (Kg)	Tiempo promedio x lote (min)	Lote x turno	Kg x turno	Turno x día	Lote x mes	Kg x mes	Lote x año	Kg x año
1000	250	2	2000	1	60	60000	720	<b>720000</b>

Fuente: elaboración propia

Los anteriores datos se proyectaron teniendo en cuenta un turno de 8.33 horas (tiempo requerido para producir dos lotes), laborando 30 días al mes y 12 meses al año. Se puede observar como dato concluyente que con el nuevo reactor la planta de producción de barnices de Tintas S.A Sunchemical podría fabricar 720.000 kg adicionales anualmente, los cuales se dedicarían a cubrir el barniz que se comercializará, los aumentos de la demanda interna para el año 2011-2012 (de junio a junio) y demás años venideros.

#### 11.4 REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA

Luego de haber realizado los cambios en la estructura física y secuencia de producción de la planta de barnices, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 22.

**Tabla 22. Resultados de la redistribución de planta**

RESULTADOS DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA				
Recorrido	Descripción	<i>Anterior</i>	<i>Actual</i>	
		Tiempo total min al día	Tiempo total min al día	Reducción porcentual
A	Materias primas a la zona de pesaje	58	7,75	86,64%
B	Materias primas líquidas a los reactores	63	52,8	16,19%
C	Resina sólida a la tolva	26,7	26,35	1,31%
D	Almacenamiento del producto final	82,5	57,9	29,82%
		230,02	144,8	<b>37,05%</b>

Fuente: elaboración propia

## 11.5 RESULTADO GENERAL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BARNICES

Los ensayos realizados que arrojaron las condiciones ideales para la fabricación del barniz fueron realizados con el barniz 969445 el cual funcionó como barniz base, estas condiciones a su vez fueron implementadas en la fabricación de los otros 3 barnices.

El barniz 969445 se redujo en tiempo total de fabricación de 250 minutos a 224 minutos, presentando una disminución de 10.4% como se evidencia en la tabla 23.

**Tabla 23. Nueva carta de control de procesos barniz ref. 969445**

<b>CARTA DE CONTROL DE PROCESO</b>		
<b>BARNIZ 969445</b>	<b>TIEMPO ENCONTRADO (min)</b>	<b>TIEMPO ACTUAL (min)</b>
PESAR	30	20
AGITACIÓN INICIAL	40	50
ADICIÓN DE RESINA	30	44
AGITAR, HOMOGENIZAR Y SUBIR TEMPERATURA	80	40
CHEQUEO DE MOLIENDA	10	10
AJUSTAR	15	15
CHEQUEO DE PROPIEDADES	20	20
FILTRAR Y ENVASAR	25	25
<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>250</b>	<b>224</b>

Fuente: elaboración propia

El barniz 969446 se redujo en tiempo total de fabricación de 335 minutos a 309 minutos, presentando una disminución de 7.76%, como se evidencia en la tabla 24. Este porcentaje de reducción es menor respecto a los demás barnices ya que la actividad de filtrar en este barniz toma mucho más tiempo que en los demás barnices y no fue objeto de análisis en este proyecto.

**Tabla 24. Nueva carta de control de procesos barniz ref. 969446**

<b>CARTA DE CONTROL DE PROCESO</b>		
<b>BARNIZ 969446</b>	<b>TIEMPO ENCONTRADO (min)</b>	<b>TIEMPO ACTUAL (min)</b>
PESAR	30	20
AGITACIÓN INICIAL	40	50
ADICIÓN DE RESINA	30	44
AGITAR, HOMOGENIZAR Y SUBIR TEMPERATURA	80	40
CHEQUEO DE MOLIENDA	10	10
AJUSTAR	15	15
CHEQUEO DE PROPIEDADES	20	20
FILTRAR Y ENVASAR	110	110
<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>335</b>	<b>309</b>

Fuente: elaboración propia

El barniz 969932 se redujo en tiempo total de fabricación de 305 minutos a 265 minutos, presentando una disminución de 13.11% como se evidencia en la tabla 25.



**Tabla 25. Nueva carta de control de procesos barniz ref. 969932**

<b>CARTA DE CONTROL DE PROCESO</b>		
<b>BARNIZ 969932</b>	<b>TIEMPO ENCONTRADO (min)</b>	<b>TIEMPO ACTUAL (min)</b>
PESAR	30	20
AGITACIÓN INICIAL	50	55
ADICIÓN DE RESINA	40	50
AGITAR, HOMOGENIZAR Y SUBIR TEMPERATURA	90	45
CHEQUEO DE MOLIENDA	10	10
AJUSTAR	15	15
CHEQUEO DE PROPIEDADES	20	20
FILTRAR Y ENVASAR	50	50
<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>305</b>	<b>265</b>

Fuente: elaboración propia

El barniz 969272 se redujo en tiempo total de fabricación de 265 minutos a 231 minutos, presentando una disminución de 12.83%, como se evidencia en la tabla 26.

**Tabla 26. Nueva carta de control de procesos barniz ref. 969272**

<b>CARTA DE CONTROL DE PROCESO</b>		
<b>BARNIZ 969272</b>	<b>TIEMPO ENCONTRADO (min)</b>	<b>TIEMPO ACTUAL (min)</b>
PESAR	30	20
AGITACIÓN INICIAL	50	55
ADICIÓN DE RESINA	30	44
AGITAR, HOMOGENIZAR Y SUBIR TEMPERATURA	85	42
CHEQUEO DE MOLIENDA	10	10
AJUSTAR	15	15
CHEQUEO DE PROPIEDADES	20	20
FILTRAR Y ENVASAR	25	25
<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>265</b>	<b>231</b>

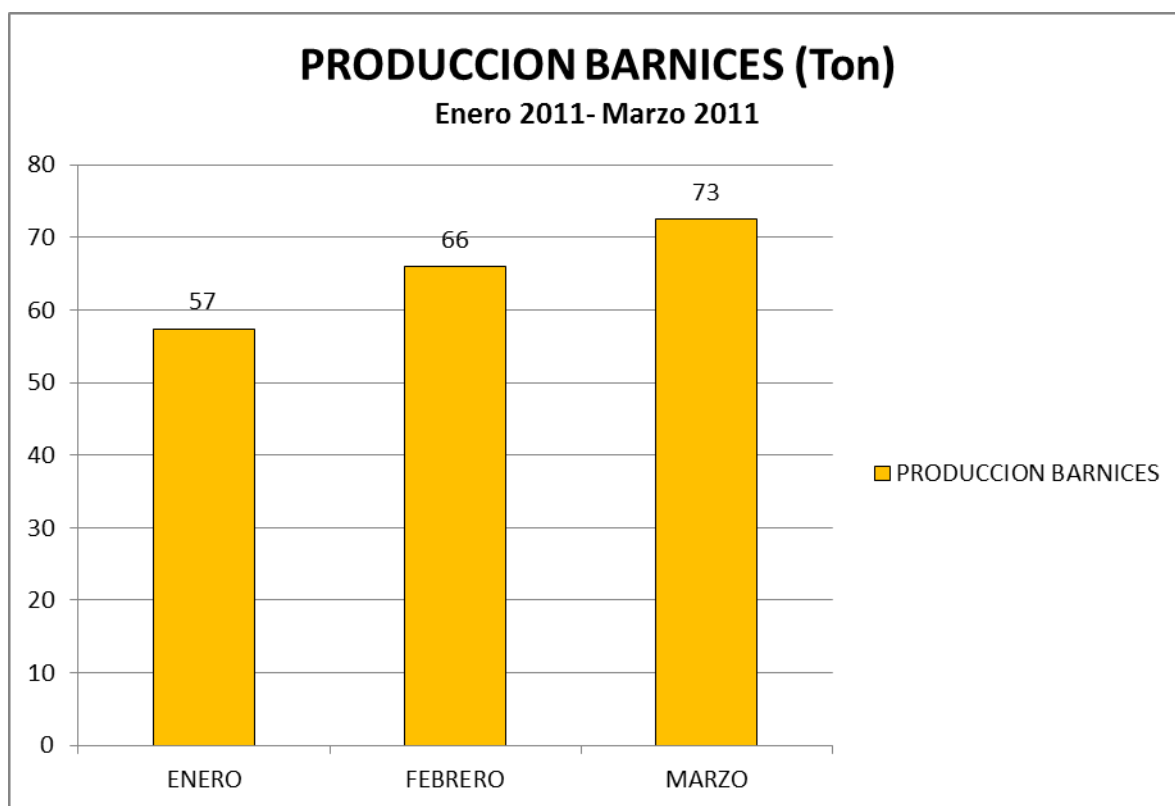
Fuente: elaboración propia

Tomando un tiempo promedio de producción de las cartas de proceso anteriormente señaladas (257 min/lote) se puede concluir que conservando los 2 turnos la producción aumentaría en 48000 Kg/mes rindiendo al 100%.

## 12. INDICADORES DE GESTIÓN

Los siguientes son los indicadores de gestión utilizados en el proyecto y medidos una vez fueron implementadas las mejoras en la planta de fabricación de barnices. Su medición fue realizada en los 4 principales barnices respecto al mes de marzo de 2011, como se observa en la gráfica 14.

**Gráfica 14. Producción barnices enero 2011 - marzo 2011**



Fuente: área de producción Tintas S.A Sunchemical

Partiendo de la ecuación 1:

$$Productividad = \frac{72564Kg/mes}{(8horas/operario \times 2 Operarios/dia \times 30dias/mes)} \times 85\%$$

$$Productividad = 128.50Kg/hora$$

La productividad del mes de marzo de 2011 con respecto al mes de junio de 2010, pasó de 118.75Kg/hora a 128.50Kg/hora lo que indica un aumento del 8.21%.

La tabla 27 muestra los lotes con su respectiva evaluación de calidad en el mes de marzo de 2011.

**Tabla 27. Calidad planta barnices marzo 2011**

<b>MARZO 2011</b>				
	TIPO DE CALIDAD			
Producto	1A	1	2	Total general
969104	2			2
<b>969272</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>13</b>
969277	4			4
969306			1	1
969334		2		2
969335		2		2
969336		1		1
969349		2		2
969371	1			1
<b>969445</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>14</b>
<b>969446</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>15</b>
969465	2		1	3
969466	1			1
969854	2			2
<b>969932</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>18</b>
<b>Total general</b>	<b>46</b>	<b>24</b>	<b>11</b>	<b>81</b>

Fuente: área de calidad Tintas S.A Sunchemical

De la anterior tabla se toman los datos correspondientes a los barnices que se trabajaron durante este proyecto para realizar la respectiva evaluación del indicador, por lo que partiendo de la ecuación 2:

$$\textit{Calidad} = \frac{34 (\textit{lotes1A/mes}) + 17 (\textit{lotes1/mes})}{60 (\textit{lotes totales/mes})} \times 100$$

$$\textit{Calidad} = 85.00\%$$

Teniendo en cuenta el aumento en la productividad anteriormente estipulado se puede evidenciar que la calidad en la planta de barnices en el mes de marzo de 2011 aumentó con respecto al mes de junio de 2010 en un 3.65%, esto indica que las mejoras implementadas no afectaron negativamente la calidad del producto.

### 13. CONCLUSIONES

- El diagnóstico del proceso resumido en el diagrama causa efecto permitió identificar los siguientes factores críticos:
  - Alto tiempo de homogenización de la resina sólida
  - Cargue manual de materias primas líquidas
  - Capacidad de producción de reactores al máximo
  - Set point de apagado de las resistencias
  - Distribución planta de barnices

Estos factores corresponden al 78.23% de los problemas hallados en el área de barnices, los cuales afectaban directamente la productividad de la planta.

- Gracias a las herramientas de medición usadas en el proyecto fue posible cuantificar los factores críticos del proceso de elaboración de los barnices y tener un punto de referencia con respecto al impacto que generarían las mejoras implementadas.
- Por medio del análisis de tiempos, la modificación de la temperatura de apagado de las resistencias y una mejor combinación de las variables del proceso se redujo el tiempo de producción hasta obtener molienda en 11.13% - en el barniz 969445 usado como base para los ensayos-.
- La redistribución de la planta de producción de barnices de Tintas S.A Sunchemical permitió reducir los tiempos de los recorridos en 37.05%, logrando así disminuir las distancias entre los flujos de producción, mejorar

la eficiencia de la mano de obra, disminuir los tiempos totales de fabricación del producto.

- Por medio de la utilización de sistemas e indicadores de control, en el área de pesaje de materias primas, se logra disminuir los tiempos de las actividades realizadas allí en 34.04%, permitiendo mejorar el tiempo total de fabricación de un lote de barniz.
- La implementación del reactor nuevo aumentaría la producción de la planta de barnices en 720 toneladas de barniz, las cuales pueden representar ingresos adicionales para la empresa al incursionar en la venta de este producto, además de reducir el tiempo de entrega del barniz al área de publicaciones.
- Una vez identificados los factores críticos, y tras la implementación de las mejoras anteriormente mencionadas, se logró reducir en promedio el proceso total de fabricación de un lote de los 4 principales barnices en 11.03%.
- Los indicadores de gestión permitieron medir el impacto de las mejoras implementadas en el proceso. Éstos dieron como resultado un aumento en la productividad de la planta del 8.21%, incrementando la calidad en 3.65%.

## 14. RECOMENDACIONES

Finalizado el proyecto surgen nuevas ideas que ayudarán al mejoramiento continuo del proceso de producción de la planta de barnices, las cuales se pueden implementar de cara al futuro y formarían parte de nuevos proyectos.

- Implementar en el área de almacenamiento un sistema de codificación para el producto terminado, de tal manera que en primer lugar se utilicen los barnices más antiguos (sistema FIFO) evitando que se consuman los más nuevos y que los acumulados pierdan sus propiedades.
- Mejorar el sistema de bombeo de la materia prima que sale de la tolva a través de un sistema de flujo másico, evitando así que la tolva tenga que desplazarse a cada tanque.
- Mejorar la programación de envíos de materia prima al área de barnices, de tal forma que se envíen productos que realmente se requieren en el área y evitar almacenar estibas con material que no será utilizado pronto y de paso reduciendo el espacio disponible.
- Cambiar la forma de almacenamiento de los 4 principales barnices que representan el 80% de la producción total, de tal manera que estos se almacenen en tanques de mayor capacidad y que de forma automatizada lleguen desde los reactores hacia los tanques y de estos hasta la planta de publicaciones. Así se disminuye tiempo y costos de mano de obra.
- Estudiar la viabilidad de implementar un sistema de precalentamiento para la resina sólida, de tal manera que esta pueda triturarse mas fácilmente en la tolva y además se homogenice en menor tiempo en la solución.



- Adelantar un cronograma de aseo para los tanques y el sistema de filtrado evitando con ello que esta actividad tome mas tiempo del requerido debido a las impurezas acumuladas.
- Programar un operario que al finalizar la jornada, sea el encargado de cargar el reactor con la materia prima del barniz que se fabricará el día siguiente.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

ÁREA TÉCNICA, Tintas Offset, TINTAS S.A Sunchemical, Documento Interno, Medellín, 2010.

ARNOLETTO, E.J. Administración de la producción como ventaja competitiva, Edición electrónica gratuita, 2007. Texto completo en <  
[www.eumed.net/libros/2007b/299/](http://www.eumed.net/libros/2007b/299/)>.

BARBOSA CARDONA, Octavio. Los indicadores de gestión y su contexto. Bogotá: Escuela Superior de Administración Publica, 2001.

BARRERA MEZA, Luis. Distribución de planta. México, 2010.  
<<http://www.mitecnologico.com/Main/DistribucionDePlanta>>

CHASE, Richard; AQUILANO, Nicholas y JACOBS, Robert. Administración de producción y operaciones. México D.F: Mc Graw Hill, 2005. 883 p.

CHIAVENATO, Idalberto. Introducción a la teoría general de la administración. México D.F: McGraw-Hill, 1995.

ENTREVISTA, Ricardo Mesías, Ex asistente técnico laboratorio base aceite, Tintas S.A Sunchemical, Medellín, 18 de Agosto de 2010.

ESPINOSA, Fernando. Análisis y mejoras de métodos de trabajo. Recuperado 20 marzo de 2011.

<[http://ing.ugalca.cl/~fespinos/16/ANALISIS\\_MEJORAS\\_METODOS\\_TRABAJO.pdf](http://ing.ugalca.cl/~fespinos/16/ANALISIS_MEJORAS_METODOS_TRABAJO.pdf)>

GUTIERREZ PULIDO, Humberto y DE LA VARA SALAZAR, Román. Control estadístico de calidad y seis sigma. Segunda edición. Mc Graw Hill, 2009.

HELMAN, José. Farmacotecnia Teoría y práctica. Primera Edición. México: Ed. Continental, 1980. 1004 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Bogotá D.C.: El instituto, 2008. 36 p.

MAZO, Guillermo. Capacitación fabricación de barnices, Tintas S.A Sunchemical Medellín, 2010.

MENDOZA, Gustavo. Herramientas Fase I. En: Capacitación seis sigma Tintas S.A Sunchemical, Medellín, 2010.

MUNDEL, M.E. Estudio de tiempos y movimientos. Continental, 1984.

NIEBEL, Benjamín. Ingeniería industrial. Estudio de tiempos y movimientos. México D.F: Alfa Omega, 1996.

SCHROEDER, Roger. Administración de Operaciones: Conceptos y casos contemporáneos. México D.F: Mc Graw Hill, 2005.

## ANEXOS

### Anexo A. Porcentaje relativo y acumulado del diagrama causa efecto

CAUSA	% RELATIVO	% ACUMULADO
Tiempo homogenización resina sólida	20,25%	20,25%
Cargue manual de materias primas liquidas	16,87%	37,12%
Necesidad de un 3er reactor	14,32%	51,44%
Set point resistencias de los reactores	13,95%	65,39%
Mala distribución planta de barnices	12,84%	78,23%
Proceso no estandarizado	8,20%	86,43%
Forma de adición de resinas sólidas	6,17%	92,60%
Granulometría de la resina sólida	2,26%	94,86%
No se conocen condiciones optimas de operación	1,04%	95,90%
Hay un solo equipo de filtración para 2 reactores	0,59%	96,49%
Faltantes de materia prima para la producción	0,45%	96,94%
Almacenamiento de producto terminado	0,41%	97,35%
Almacenamiento de la materia prima	0,39%	97,74%
Espacio reducido de operación	0,35%	98,09%
Limpieza de la planta	0,31%	98,40%
Demasiado manual la medición	0,28%	98,68%
Falta de mantenimiento	0,26%	98,94%
Trabajo físicamente agotador	0,24%	99,18%
Frecuencia calibración de los equipos de medición	0,22%	99,40%
Ollas sucias	0,18%	99,58%
Capacidad del sistema de medición	0,17%	99,75%
Alta capacitación de operario	0,15%	99,90%
Número de operarios sin definir	0,10%	100,00%

## Anexo B. Datos obtenidos ensayo 1

Los datos de temperatura tomados en los ensayos B, C, D, E, F, G fueron en lo posible tomados en intervalos de tiempos iguales (intervalo de tamaño aleatorio) y si bien en algunos puntos el intervalo de tiempo varía, (dado que el observador debía participar en actividades adicionales que lo alejaban del indicador de temperatura), ésto no afecta la validez de los datos tomados, pues los datos de temperatura representativos del proceso fueron debidamente registrados.

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Observaciones
0	19	Se prenden resistencia y rotamix Se agregan 3 bultos resina
62	143.5	
67	139,6	
70	137,4	
72	135,8	Se agregan 3 bultos resina
74	134,0	
76	132,5	
81	128,7	Se agregan 3 bultos resina
83	126,1	
90	125.3	Se agrega resina restante
92	123,4	
99	123.1	

## Anexo C. Datos obtenidos ensayo 2

Tiempo(min)	Temperatura(°C)	Observaciones
0	18	Se enciende la resistencia y rotamix
5	23	
10	31.6	
15	40.7	
20	49.7	
25	58.7	
30	67.9	
35	77.4	
40	88.1	
42	90	
45	95.7	
50	105	
55	113.8	
56	115	
60	119.2	Se agrega resina a través de la tolva
65	122.1	Se dejó de agregar resina 3 min
70	121.9	Se dejó de agregar resina 3 min
75	123.3	
80	125.2	Se dejó de agregar resina 3 min
85	127.1	
90	130	
95	130.8	Se termina de agregar resina
100	134.6	
105	130	
110	134.9	
115	139.6	
120	143	
125	146.6	
130	150.2	
135	153.6	
140	155.5	
145	158.6	Se toma muestra no pasa
150	161.2	Se toma muestra ok

### Anexo D. Datos obtenidos ensayo 3

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Observaciones
0	59.2	Se prenden resistencias y rotamix
5	65.2	
10	71.3	
15	78.4	
20	85	
23.5	90	
30	100.2	
31.18	102.1	Se agrega resina a través de la tolva
35	104	
40	107.1	
46	110.7	
51	110.3	
59	112.7	
65	115.4	
70	118.1	
76	120.7	Se termina de agregar resina
84	126.4	
88	130	
92	134.6	
96	138.7	
100	142.5	
104	145.9	
106	147.7	
110	150.6	
116	155	
119	156.8	Se toma muestra de molienda y sale ok
121	158	
123	159.3	
126	161	



## Anexo E. Datos obtenidos ensayo 4

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Observaciones
0	30.2	Se enciende rotamix y resistencias  Delta temperatura = 1.61°C/min (promedio entre cada intervalo)
5	37.8	
10	44.9	
11.54	47.7	
16.54	55.2	
21.54	63.2	
26.54	71.5	
31.54	80	
36.54	88.7	
37.72	89.7	Se agregan 3 bultos de resina temp baja a 84
41.54	86.3	
44.24	89.7	
46.54	94.5	
50.04	100.5	Se agregan 3 bultos de resina temp baja a 95.4
55.04	95.4	
56.54	100.6	
61.54	107.9	
63.84	111.6	se agregan 3 bultos de resina temp baja a 107.5
71.69	111.6	
75.79	116.7	se agregan 2 bultos resina temp baja 114.1
81.8	116.7	
86.54	122	
91.54	126.6	
96.54	132.1	Delta temperatura = 1.03°C/min (promedio entre cada intervalo)
101.54	137.3	
106.54	142.4	
111.54	147.6	
116.54	152.3	
121.54	153.4	Delta temperatura = 0.61°C/min (promedio entre cada intervalo)
126.54	157.1	
131.54	159.2	
136.54	162.5	se toma muestra de molienda ok

## Anexo F. Datos obtenidos ensayo 5

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Observaciones
0	18	Se prenden resistencias y rotamix.
5	23,1	
10	32	
15	41,1	
20	50,2	
25	58,7	
30	68	
35	78,2	
40	88,4	
45	97,6	
50	109,5	Se agrega resina a través de tolva
55	110,4	
56	111,2	
60	112,3	
65	113,5	
70	114,7	
75	115,8	
80	117,1	
85	118,6	
90	119,7	
95	121,1	Se termina de agregar resina
100	123,3	
105	126,9	
110	130,5	
115	135,6	
120	140,7	
125	145,9	
130	151,6	
135	156,9	
140	162,7	Se toma muestra sale ok

## Anexo G. Datos obtenidos ensayo 6

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Observaciones
0	36	Se enciende rotamix y resistencias
5	42.1	
10	47.6	
11.54	53.8	
16.54	59.6	
21.54	66.8	
26.54	73.9	
31.54	81.6	
36.54	91.8	
37.72	100.3	
41.54	110	
44.24	111.1	Se agrega resina a través de tolva
50.04	111.9	
55.04	112.7	
61.54	113.9	
64	115.1	
71.69	116.4	
75.79	118	
81.8	119.6	
84.5	122	
91.54	126.6	
96.54	132.1	Se termina de agregar resina
101.54	137.3	
106.54	142.4	
111.54	147.6	
116.54	152.3	
121.54	153.4	
125.54	157.1	
131.54	159.2	
		Se obtiene molienda

## Anexo H. Plano del nuevo reactor

